

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Підвищення експлуатаційної надійності підвіски
вантажного автомобіля за умови збільшених вібраційних
навантажень»**

Виконав: студент групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Андрій ФЕДИНЕЦЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник: _____

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 631.331

Фединець Андрій Васильович. Підвищення експлуатаційної надійності підвіски вантажного автомобіля за умови збільшених вібраційних навантажень. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Кваліфікаційна робота. Львів: Львівський НУВМБ ім. Степана ГЖИЦЬКОГО, 2025. 75 с.

Табл. 3; рис. 18; бібліогр. джерел 30.

Встановлено, що підвіска вантажного автомобіля є ключовим елементом, що забезпечує безпечну експлуатацію, комфорт руху та ефективне перевезення вантажів у різних дорожніх умовах. Основні типи підвісок – залежні, незалежні, пневматичні, балансири, торсіонні та гідропневматичні – мають свої конструктивні особливості, що визначають їхню сферу застосування. Ресорна підвіска залишається найбільш поширеною для важких вантажівок завдяки простоті, міцності та високій вантажопідйомності. Зменшення вібрацій у ресорних підвісках досягається комплексом технічних заходів: удосконаленням способу кріплення ресор, застосуванням прогресивних (параболічних) ресор, використанням еластомерних втулок, сучасних амортизаторів, буферів та гідроеластичних опор.

Встановлено, що початковий кут установки і довжина підвіски суттєво впливають на жорсткість, демпфуючі властивості та енергетичні втрати ресорної підвіски. Параметри підресореної та непідресореної маси, вибір жорсткості та кінематичні особливості підвіски визначають динамічну поведінку автомобіля, впливають на стійкість, комфорт, тягово-швидкісні характеристики і довговічність експлуатації.

Застосування гумових подушок дозволяє ефективніше гасити удари, знижувати шум у салоні, зменшувати передачу жорстких імпульсів і тим самим підвищувати комфорт для водія та пасажирів.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Типи підвісок вантажних автомобілів: сучасний стан і особливості конструкції.....	10
1.2. Види ресорних підвісок.....	15
1.3. Будова і принцип роботи ресорних підвісок	18
1.4. Шляхи підвищення ефективності роботи ресорної підвіски.....	23
Висновки за розділом.....	25
РОЗДІЛ 2.	
РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	26
2.1. Динаміка багатолистової ресорної підвіски транспортних засобів...	26
2.2. Оцінка вібронавантаження ресорної підвіски автомобіля.....	35
Висновки за розділом.....	47
РОЗДІЛ 3.	
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМАНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
3.1. Результати вимірювання параметрів вібрації кузова вантажного автомобіля	48
Висновки за розділом	53
РОЗДІЛ 4.	
ОХОРОНА ПРАНИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	54
4.1. Огляд небезпечних і шкідливих виробничих чинників	54
4.2. Заходи з покращення пожежної безпеки підприємств.....	57
4.3. Визначення параметрів електрозаземлення обладнання ремонтної ділянки.....	61
4.4. Захист підприємств в умовах воєнних ризиків.....	63

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	67
5.1. Розрахунок вартості технічного обслуговування автомобілів.....	67
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Ходова система вантажного автомобіля є одним з основних елементів, що визначають не лише експлуатаційні характеристики транспортного засобу, а й рівень безпеки дорожнього руху загалом. Серед усіх компонентів ходової системи особливо важливу роль відіграє підвіска - складний комплекс деталей і механізмів, які з'єднують кузов або раму автомобіля з колесами, забезпечуючи надійну та стабільну взаємодію транспортного засобу з дорожньою поверхнею. Підвіска виконує одразу декілька критичних функцій: вона амортизує удари від нерівностей дороги, сприяє рівномірному розподілу навантаження на осі, підтримує постійний контакт коліс з дорогою, а також забезпечує стійкість і керованість автомобіля під час руху в різних умовах [6], [15], [28].

Вантажні автомобілі, на відміну від легкових, експлуатуються у значно жорсткіших умовах, оскільки вони мають перевозити великі маси вантажу, долати довгі відстані та працювати на різноманітних дорожніх покриттях - від ідеально рівних автомагістралей до розбитих сільських доріг. Саме тому до підвіски вантажного транспорту висуваються особливі вимоги щодо міцності, надійності, довговічності та ремонтпридатності. Вона повинна ефективно протистояти динамічним навантаженням, що виникають під час гальмування, прискорення, проходження поворотів та маневрування, а також компенсувати вплив дорожніх нерівностей, зберігаючи комфорт для водія та збереження вантажу [1], [14], [20].

Історія розвитку підвіски вантажних автомобілів є прикладом постійного технічного прогресу. Початкові конструкції підвісок, які застосовувалися у перших механічних транспортних засобах, майже не відрізнялися від підвісок кінних екіпажів – це були звичайні листові ресори, призначені лише для пом'якшення поштовхів. Проте з появою потужніших двигунів, зростанням вантажопідйомності та збільшенням швидкості руху, перед конструкторами постали нові виклики. У XX столітті з'явилися

пружинні, торсіонні та пневматичні підвіски, а згодом – складні комбіновані системи, здатні адаптуватися до змінних умов руху та навантаження.

Особливої уваги заслуговують сучасні технологічні рішення, впроваджені у сфері підвіски вантажних автомобілів за останні десятиліття. Значного поширення набули пневматичні та гідропневматичні системи, які дозволяють не лише підвищити плавність ходу, а й автоматично регулювати кліренс залежно від маси вантажу. Електронні системи управління підвіскою (ECAS – Electronic Controlled Air Suspension) дають можливість адаптувати жорсткість і висоту підвіски у реальному часі, що позитивно впливає на безпеку, стійкість та збереження дорожнього полотна. Також активно впроваджуються елементи телеметрії, які дозволяють моніторити стан підвіски під час руху та своєчасно попереджати про необхідність технічного обслуговування.

Сучасний стан розвитку підвісок вантажних автомобілів є результатом багаторічної еволюції, яка відбувалася під впливом зростаючих вимог до безпеки, комфорту, економічності та екологічності перевезень. В умовах стрімкого розвитку технологій та жорсткої конкуренції на ринку комерційного транспорту виробники змушені постійно вдосконалювати свої вироби, впроваджувати інноваційні рішення та покращувати експлуатаційні характеристики підвісок.

Актуальність дослідження підвісок вантажних автомобілів визначається не лише необхідністю забезпечення надійної роботи транспортних засобів, а й впливом цього елементу на загальну ефективність логістичних процесів, збереження дорожньої інфраструктури та безпеку всіх учасників руху. Правильно підібрана та налаштована підвіска сприяє зменшенню витрат на ремонт авто, покращує маневреність і стабільність руху, а також забезпечує кращий захист вантажу під час транспортування.

У зв'язку з цим метою даної роботи є комплексний аналіз сучасних конструкцій підвісок вантажних автомобілів, вивчення принципів їхньої роботи, порівняння різних типів систем та визначення перспектив

подальшого розвитку цієї галузі. У роботі буде розглянуто як класичні, так і інноваційні рішення, що використовуються на сучасному ринку вантажного транспорту. Окрема увага приділяється технічним характеристикам різних видів підвісок, особливостям їхнього обслуговування та експлуатаційним перевагам. Таким чином, вивчення підвіски вантажних автомобілів є надзвичайно важливим як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Це дозволяє не лише краще зрозуміти конструктивні особливості комерційного транспорту, а й знаходити нові шляхи для підвищення ефективності, безпеки та комфорту автоперевезень у сучасних умовах.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Типи підвісок вантажних автомобілів: сучасний стан і особливості конструкції

Система підвіски вантажних автомобілів є ключовим елементом, що безпосередньо впливає на здатність транспортного засобу ефективно виконувати свої функції в умовах постійно зростаючих вимог до безпеки, комфорту та вантажопідйомності. За принципом взаємодії коліс однієї осі з опорною конструкцією розрізняють два основних типи підвісок: залежні та незалежні. Окрім них, у вантажному автотранспорті широко застосовуються пневматичні, балансірні, торсіонні та гідروпневматичні системи [15], [21].

Залежна підвіска передбачає жорстке з'єднання коліс однієї осі за допомогою нерозрізної балки, яку часто називають мостом. Така конструкція означає, що рух або коливання одного з коліс неминуче впливають на положення другого. Залежні підвіски вважаються найбільш класичними і традиційними для важких вантажівок, автобусів і причепів, оскільки саме вони забезпечують простоту конструкції, високу міцність та довговічність.

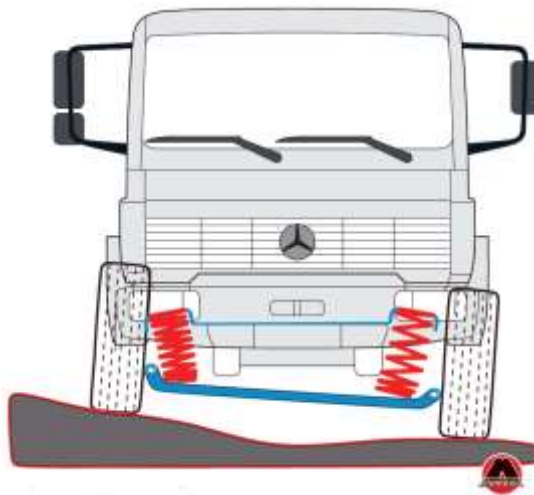


Рисунок 1.1 – Залежна підвіска вантажного автомобіля

Найпоширенішим рішенням у таких схемах є використання поздовжніх напівеліптичних листових ресор, на яких підвішується міст. Основні

переваги полягають у здатності витримувати великі статичні та ударні навантаження, рівномірно розподіляючи масу між колесами осі. Також важливо, що залежна підвіска ефективно забезпечує зчеплення з дорогою навіть на дуже нерівних ділянках, оскільки жорстка балка дозволяє іншому колесу частково зберігати контакт із поверхнею. Проте така схема має і недоліки: підвищена невіднесена маса сприяє передачі ударів на раму автомобіля, а взаємний вплив коліс знижує комфорт і точність керування, особливо на високих швидкостях. З огляду на це залежна підвіска переважно використовується на задніх осях вантажних транспортних засобів, де головним є максимальна вантажопідйомність, а не спортивна керованість.



Рисунок 1.2 – Ресорна підвіска вантажного автомобіля

Незалежна підвіска характеризується тим, що кожне колесо осі кріпиться до рами окремо, через індивідуальні важелі й пружні елементи. В такій конструкції переміщення одного колеса майже не впливає на положення іншого, що суттєво підвищує комфорт і стійкість транспортного засобу під час руху. Незалежні підвіски набули особливого поширення у легковому сегменті, проте впродовж останніх десятиліть їх почали впроваджувати і в важких вантажівках, зокрема на передніх осях магістральних тягачів та автобусів. Найчастіше використовується двохважільна схема: верхній та нижній поперечні важелі, які дозволяють кожному колесу працювати незалежно від іншого. Кожна точка кріплення

обладнується окремим пружним елементом – гвинтовою пружиною або пневматичним балоном, а також амортизатором. Переваги незалежної підвіски полягають у значно кращій плавності ходу, високій курсовій стійкості та зниженій схильності кузова до розгойдування на нерівностях. Крім того, менша невіднесена маса позитивно впливає на реакцію підвіски на удари. Недоліком є висока складність та дорожня конструкції, необхідність використання великої кількості шарнірних з'єднань, сайлентблоків та міцних матеріалів, що впливає на вартість виробництва та обслуговування. Незважаючи на технічний прогрес, незалежна підвіска залишається рідкістю на задніх осях вантажних автомобілів, оскільки пріоритетом є витривалість та вантажопідйомність.

Пневматична підвіска є одним із найінноваційніших рішень у сучасному транспорті. Головним пружним елементом у цій системі виступає стиснене повітря, яке знаходиться в спеціальних еластичних балонах (пневморесорах). Пневматична підвіска може використовуватися як у складі залежної, так і незалежної схеми. Однак найчастіше її встановлюють на задніх осях магістральних вантажівок та автобусів, поєднуючи з нерозрізною балкою моста. Серед основних переваг слід відзначити здатність автоматично підтримувати оптимальний дорожній просвіт незалежно від ступеня завантаження транспортного засобу. Електронна система керування регулює тиск у балонах, реагуючи на зміни маси вантажу, і зберігає горизонтальне положення кузова. Зміна тиску також дозволяє адаптувати жорсткість підвіски – робити її м'якшою при порожньому кузові чи жорсткішою під повним навантаженням. Це істотно підвищує комфорт водія, зменшує вплив ударів на вантаж та раму, а також продовжує термін служби елементів ходової частини. Однак пневматична підвіска є складною у виготовленні й обслуговуванні: вимагає наявності компресора, системи повітряних магістралей, клапанів, датчиків рівня та електронного керування. Згодом можуть виникати такі проблеми, як витіки повітря чи зношення балонів, тому система потребує регулярного технічного догляду. У сучасних

магістральних транспортних засобах пневмопідвіска поступово стає стандартом, забезпечуючи найвищий рівень комфорту та збереження вантажу.



Рисунок 1.3 – Пневмобалонна підвіска

Балансирна підвіска (або підвіска з балансиром) характерна для двовісних візків важких вантажівок, особливо тих, що експлуатуються в складних дорожніх умовах. Її основою є жорсткі балансирні балки, шарнірно закріплені посередині між двома осями. Кожна така балка розподіляє навантаження між колесами парних осей, а сама конструкція може поєднуватися з листовими ресорами або великими гумовими блоками.



Рисунок 1.3 – Балансирна підвіска

Особливістю балансирних схем є їхня висока надійність, простота та здатність рівномірно розподіляти навантаження на всі колеса, що особливо важливо на нерівностях чи при русі по бездоріжжю. Однак жорсткість ходу часто підвищується, оскільки гумові елементи мають обмежені можливості щодо пружності при повному навантаженні.

Торсіонна підвіска базується на використанні спеціального сталевго стрижня (торсіона), який виконує функції пружного елемента. Один кінець торсіона закріплений на рамі, інший – на важелі підвіски. Коли колесо рухається вгору-вниз, торсіон скручується, забезпечуючи необхідну пружність.

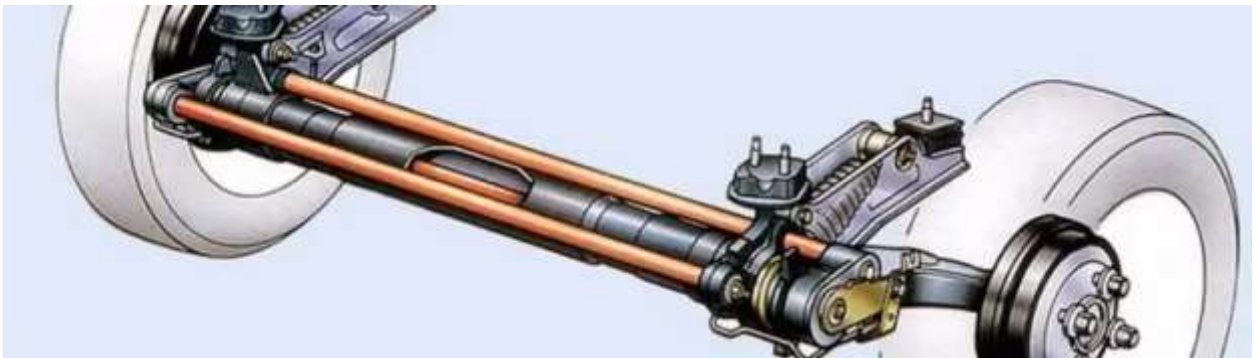


Рисунок 1.4 – Торсіонна підвіска

Торсіонна підвіска дозволяє економити простір у зоні кріплення, однак застосування обмежується середньовантажними і військовими автомобілями, оскільки для великих мас потрібні торсіони великого діаметра і особливої якості сталі.

Гідропневматична підвіска є прикладом найсучасніших і технологічних рішень, що використовуються переважно у спеціальних автомобілях або військовій техніці. У цій системі замість традиційних пружин застосовуються гідроциліндри та газові балони, наповнені азотом. Поєднання рідини і газу дозволяє підвісці одночасно виконувати роль амортизатора і пружного елемента, що забезпечує неперевершену плавність ходу, можливість змінювати кліренс і підтримувати постійний контакт коліс із дорогою на

складних ділянках. Незважаючи на значні переваги, гідропневматична підвіска є складною, дорогою і потребує високої культури обслуговування.

Таким чином, підвіски вантажних автомобілів демонструють широкий спектр конструктивних рішень, кожне з яких має свої переваги та недоліки, визначаючи сферу застосування, рівень комфорту, надійність і експлуатаційні витрати. Сучасний розвиток технологій сприяє появі нових комбінацій та вдосконаленню класичних систем, що дозволяє максимально адаптувати вантажний транспорт до конкретних умов експлуатації.

1.2. Види ресорних підвісок

Ресорна підвіска є одним із найдавніших та найпоширеніших видів підвіски, що використовується у вантажному транспорті. Її принцип ґрунтується на застосуванні сталевих ресор, які виконують роль пружних елементів, поглинаючи удари та вібрації, що виникають під час руху автомобіля нерівними дорогами. Саме ресорна підвіска стала основою для розвитку більшості вантажних і комерційних автомобілів. Серед причин популярності цього типу підвіски варто виділити її простоту, надійність, довговічність та здатність витримувати великі навантаження, що особливо важливо для вантажного автотранспорту [6], [15], [28].

На початку свого розвитку ресори виготовлялися з кованої сталі і до сьогодні залишається незамінною у сфері перевезення вантажів, де потрібна максимальна вантажопідйомність і проста конструкція.

Існує декілька основних типів ресорних підвісок, що застосовуються у вантажних автомобілях:

- листова ресора (напівеліптична) є найпоширенішим. Напівеліптична ресора складається з кількох сталевих листів різної довжини, які накладаються один на одного у вигляді пучка. Найдовший лист називається головним, до нього кріпляться вушка для монтажу на рамі автомобіля. Інші листи коротші та забезпечують поступове поглинання зусиль. Така

конструкція забезпечує високу міцність, довговічність та рівномірний розподіл навантаження.



Рисунок 1.5 – Листова напівеліптична ресора

- параболічна ресора відрізняється від класичної тим, що складається лише з одного або двох листів особливої форми, товщина яких плавно змінюється по довжині. Це дозволяє зменшити вагу підвіски, покращити її пружні властивості та підвищити комфорт під час руху. Параболічні ресори останніми роками все ширше застосовуються у комерційних вантажівках та автобусах.



Рисунок 1.6 – Параболічна ресора

- поперечна ресора розташовується впоперек рами та з'єднує два колеса однієї осі. Такий тип зустрічається рідше, частіше – на передніх підвісках старих моделей. Поперечна ресора компактна, проте має обмеження за вантажопідйомністю та стійкістю.



Рисунок 1.7 – Поперечна ресора

- ресорно-пневматична підвіска комбінує традиційні сталеві ресори з пневматичними елементами. Пневмобалон встановлюється поряд із ресорою або навіть безпосередньо на неї, забезпечуючи додаткове вирівнювання положення кузова під час зміни навантаження.



Рисунок 1.8 – Ресорно-пневматична підвіска

1.3. Будова і принцип роботи ресорних підвісок

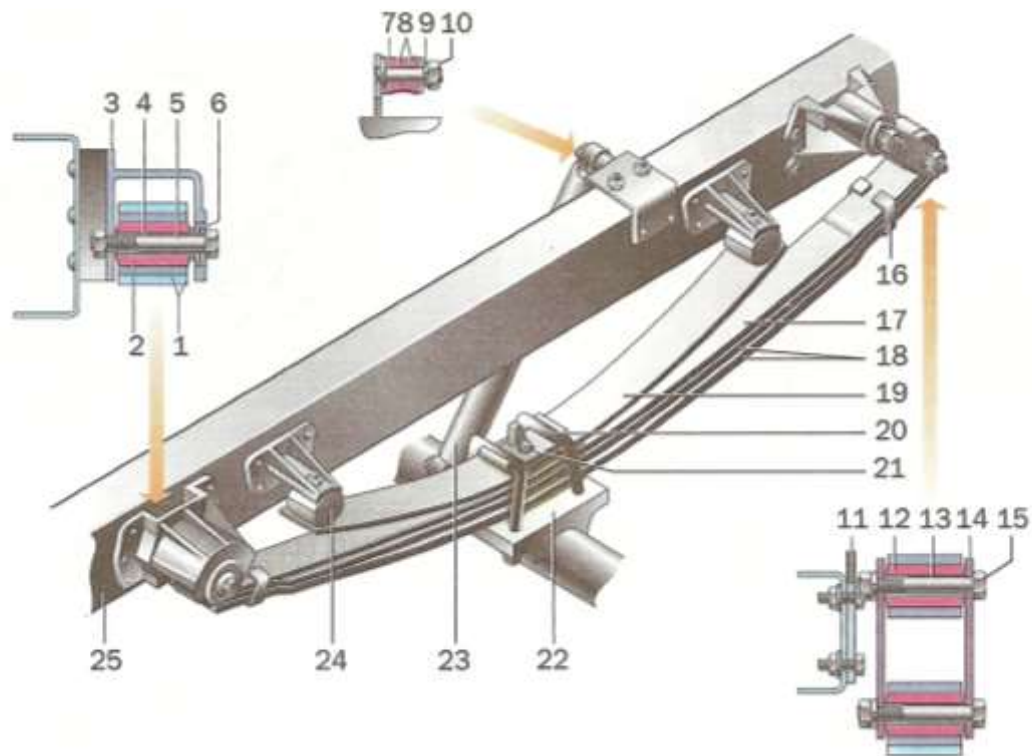
Ресорна підвіска вантажного автомобіля являє собою складну систему, створену для ефективного гасіння вібрацій і ударів, які виникають під час руху транспортного засобу нерівними дорогами. Завдяки цьому типу підвіски забезпечується надійний контакт коліс із дорожньою поверхнею, покращується керованість автомобіля, підвищується стійкість під час перевезення значних вантажів і зберігається комфорт для водія та вантажу. Основний принцип роботи системи полягає у здатності поглинати й рівномірно розподіляти динамічні навантаження, що виникають у процесі експлуатації вантажного транспорту [15], [20], [28].

Головним елементом ресорної підвіски є листова ресора. Вона складається із кількох сталевих листів, які накладаються один на одного у вигляді пакета. Листи мають різну довжину: найдовший знаходиться зверху, а кожен наступний - коротший. Така компоновка дозволяє ресорі рівномірно розподіляти напруження при згинанні, забезпечуючи плавний хід підвіски та тривалу роботу під дією значних навантажень.

Коли автомобіль рухається по нерівній дорозі, ресора згинається, поглинаючи частину енергії удару. Під час зворотного руху (розгинання) ресора повертає частину накопиченої енергії, підтримуючи колесо в контакті з дорогою. Жорсткість ресори залежить від кількості, товщини і ширини листів, а також від марки сталі. Сучасні ресори часто виготовляють із легованих сталей для підвищення пружних властивостей та довговічності.

Головний лист виконує кілька важливих функцій: витримує основне навантаження, задає форму всієї ресори і забезпечує її монтаж на автомобілі. На кінцях головного листа сформовано вушка – це отвори чи петлі, через які здійснюється кріплення ресори до кронштейнів рами. Вушка дають змогу ресорі вільно повертатися відносно осі кріплення під час роботи підвіски, що знижує внутрішні напруження і подовжує термін служби.

Крім головного листа, у складі ресори є кілька допоміжних (підсилювальних) листів. Вони розташовані під головним і забезпечують додаткову міцність конструкції. За рахунок такої багатошаровості ресора може витримувати як постійні, так і короточасні пікові навантаження без деформацій і поломок. При зростанні навантаження в роботу поступово включаються нижні листи, підсилюючи загальну жорсткість підвіски.



- 1 – вушко ресори; 2 – гумова втулка; 3 – кронштейн; 4 – втулка; 5 – болт; 6 – шайба; 7 – палець; 8 – гумові втулки; 9 – шайба пружинна; 10 – гайка; 11 – кронштейн; 12 – втулка гумова; 13 – втулка; 14 – пластина сережки; 15 – болт; 16 – хомут; 17 – корінний лист; 18 – листи ресори; 19 – додаткова ресора; 20 – драбина; 21 – накладка; 22 – задній міст; 23 – амортизатор; 24 – гумова подушка; 25 – лонжерон рами

Рисунок 1.10 – Будова ресорної підвіски вантажного автомобіля

Кінці ресори кріпляться до рами через спеціальні вузли. Один із кінців (зазвичай передній) жорстко фіксується в кронштейні на рамі. Тут розташований палець – металева вісь, яка проходить через вушко ресори. Такий тип кріплення дає змогу передавати на раму сили тяги й гальмування, а також частину вертикальних навантажень. Другий кінець ресори

з'єднується з рамою через рухомий вузол – скобу або так званий шекл (шарнірно-важільний механізм). Скоба дозволяє ресорі змінювати свою довжину в міру згинання та розгинання під час роботи підвіски. Завдяки цьому під час стиснення ресора розгортається, її кінці розходяться, і скоба компенсує цю зміну довжини без деформації інших вузлів. Це важливий елемент конструкції, що дозволяє уникати перевантаження металу та зменшує ризик утворення тріщин.

Вушка ресори на обох кінцях оснащуються втулками, які виготовляють із металу, гуми чи сучасних полімерних матеріалів. Втулки забезпечують плавність руху, знижують зношення і шум, а також захищають деталі від корозії. Для підвищення довговічності втулки періодично змащують мастилом під час обслуговування автомобіля.

Ресори кріпляться до балки моста за допомогою металевих хомутів, які часто називають стрем'янками. Стрем'янки мають вигляд вигнутих болтів з різьбленням на кінцях. Вони обхоплюють пакет листових ресор, притискаючи його до балки моста за допомогою спеціальної притискної пластини і гайок. Таке з'єднання повинне бути надзвичайно міцним, оскільки саме через нього передаються всі вертикальні та частково горизонтальні навантаження від коліс на підвіску та раму автомобіля. Тоді як балка моста слугує несучим елементом для коліс осі, а також для ресорної підвіски. Вона забезпечує жорстке з'єднання між колесами й ресорами, дозволяючи передавати тягові й гальмівні зусилля, а також підтримувати правильну геометрію осі. Сучасні балки виготовляють із високоміцної сталі або спеціальних сплавів, здатних витримувати значні динамічні навантаження та тривалу роботу без деформацій.

Ключову роль у підвищенні комфорту і безпеки руху відіграє амортизатор, який монтується поруч із ресорою. Амортизатор поглинає залишкові коливання, що виникають після деформації ресори. Його принцип роботи базується на перетворенні кінетичної енергії коливань у тепло за рахунок руху поршня в рідині або газі.

Для захисту вузлів підвіски від надмірного навантаження та запобігання “пробою” конструкції під час сильних ударів застосовують буфери ходу стиснення (відбою). Це додаткові пружні елементи (зазвичай із гуми чи поліуретану), розташовані між рамою і балкою моста. Коли ресора досягає максимального прогину, буфер приймає на себе надлишкове навантаження, не допускаючи зіткнення металевих частин і продовжуючи термін служби всієї підвіски.

Ресорна підвіска працює на основі здатності сталевій ресори згинатися під навантаженням і повертатися у вихідний стан після його зняття, тобто акумулювати та розсіювати механічну енергію. В процесі руху вантажного автомобіля кожне колесо постійно зустрічає дрібні й великі нерівності дорожнього покриття: вибоїни, каміння, шви, підйоми та спуски. Відповідно, на підвіску та всі її елементи впливають змінні сили – як короточасні удари, так і тривалі статичні навантаження.

Коли вантажівка стоїть на рівній поверхні без вантажу, ресори знаходяться в умовно прямому стані - вони лише трохи прогнуті під власною вагою автомобіля. Після завантаження кузова ресори під дією сили тяжіння вантажу додатково згинаються, і завдяки цьому транспортний засіб опускається трохи нижче, але продовжує зберігати контакт коліс із дорогою.

Під час руху, коли колесо потрапляє на перешкоду (наприклад, камінь чи вибоїну), на нього виникає імпульсна сила, спрямована вгору. Колесо, разом з балкою моста, передає цей імпульс на ресору. Під дією цієї сили ресора згинається, тобто один або кілька її листів деформуються у вертикальній площині. Енергія удару частково поглинається пружною деформацією сталі.

Важливо, що ресора не тільки гасить удар, а й забезпечує зворотній рух: після проходження перешкоди ресора прагне повернутися до початкової форми, відштовхуючи балку моста і колесо вниз, тим самим підтримуючи контакт шини з дорогою. Саме ця властивість - “підтягувати” колесо назад є ключовою для забезпечення стійкості автомобіля на будь-яких поверхнях.

Під час згинання ресора трохи видовжується, оскільки її арка розкривається. Цю зміну довжини компенсує шарнірна скоба, яка з'єднує задній кінець ресори з кронштейном на рамі. Скоба рухається у вертикальній площині, даючи ресорі рухатись - це зменшує напруження в металі й запобігає передчасному руйнуванню вушок і втулок. Передній кінець ресори закріплений нерухомо, щоб забезпечити передачу гальмівних і тягових зусиль на раму.

У процесі зростання навантаження під час різких ударів, великого вантажу або руху по бездоріжжю основний лист ресори залучає до роботи підсилювальні листи, розташовані нижче. Спочатку деформується тільки головний лист, а при збільшенні зусиль до деформації підключаються всі листи пакета. Це забезпечує поступове підвищення жорсткості і дозволяє підвісці працювати ефективно як на малих, так і на максимальних навантаженнях.

Після згинання ресори, коли колесо повертається у вихідне положення, виникають залишкові коливання - це явище називається "розгойдуванням" підвіски. Без додаткового гасіння таких коливань кузов міг би кілька разів підстрибнути після кожної ями. Амортизатор поглинає ці коливання, перетворюючи механічну енергію на тепло за допомогою в'язкої рідини (масла) всередині корпусу. Це дає змогу швидко стабілізувати автомобіль, покращити зчеплення шин і підвищити комфорт.

У складних режимах під час руху з великою швидкістю, різких гальмувань або маневрів ресорна підвіска виконує ще одну важливу функцію - розподіляє масу і навантаження між колесами осі. Це особливо важливо для вантажного транспорту, де центр ваги може бути зміщений через вантаж.

Ресорна підвіска вантажного автомобіля виконує завдання гасіння динамічних навантажень, які виникають при русі по нерівностях, маневруванні, розгоні та гальмуванні. Фізичні процеси, що відбуваються в системі, ґрунтуються на деформації сталі, розподілі зовнішніх сил, перетворенні енергії, а також взаємодії між деталями.

1.4. Шляхи підвищення ефективності роботи ресорної підвіски

Однією з найважливіших вимог до підвіски вантажного автомобіля є здатність ефективно гасити вібрації, які виникають при русі по нерівних дорогах, транспортуванні вантажів і під час динамічних маневрів. Вібрації негативно впливають на комфорт водія, збереження вантажу, довговічність транспортного засобу та безпеку руху. Особливого значення ця проблема набуває для ресорних підвісок, які хоч і відзначаються простотою та надійністю, але за класичної конструкції мають схильність до передачі коливань на раму. Ресорна підвіска - пружна система, яка під час руху автомобіля постійно перебуває під дією змінних динамічних сил.

Інтенсивність і частота вібрацій залежать від маси автомобіля, жорсткості та конструкції ресори, способу кріплення, характеристик амортизаторів і стану дорожнього покриття.

Класичний спосіб кріплення ресори передбачає жорстке фіксування одного кінця (переднього) у нерухомому кронштейні рами і шарнірно-рухоме кріплення іншого кінця через скобу. Така схема дозволяє знижувати напруження у металі та частково гасить імпульсні коливання завдяки ковзанню скоби. Проте сам по собі такий спосіб не здатен повністю виключити передачу вібрацій, особливо високочастотних, на кузов.

Іншим дієвим заходом є застосування гумових або поліуретанових втулок у вушках ресори значно зменшує рівень переданих на раму коливань. Еластомерні втулки діють як додаткові демпфери, поглинаючи дрібні удари і зменшуючи поширення високочастотних вібрацій. Вони також запобігають швидкому зносу металу в місцях контакту.

Останніми роками дедалі частіше застосовують маятникові або плаваючі схеми кріплення ресори, при яких шарнір дозволяє ресорі не лише обертатися, а й переміщатися у вертикальній площині.

У сучасних конструкціях, особливо на важких автомобілях, використовують гідравлічні або гідроеластичні опори ресори. Вони

поглинають і розсіюють енергію вібрацій завдяки гідравлічному опору, значно підвищуючи плавність ходу.

Ресори прогресивної жорсткості означає, що її опір навантаженню зростає не лінійно, а поступово – із збільшенням деформації ресори підвищується жорсткість конструкції. Найпростішим способом досягти цього є використання параболічної форми листа: товщина ресори плавно змінюється від центру до країв, що дозволяє ресорі гнучко реагувати на малі нерівності та ставати жорсткішою при значних навантаженнях [3], [6], [15].

Параболічні та багат шарові ресори прогресивної жорсткості поглинають невеликі коливання ефективніше, оскільки при малих силах працює лише головний лист, а при великих – поступово включаються допоміжні листи. Це дозволяє поєднати м'якість ходу при частих дрібних ударах з необхідною жорсткістю для утримання великої маси вантажу.

Завдяки оптимізованій конструкції ресори прогресивної жорсткості краще приглушують дрібні нерівності, а також знижують амплітуду і тривалість вібрацій після проходження великих перешкод. Вібрації рідше передаються на кузов, поліпшується комфорт водія, зменшується зношування елементів підвіски.

Додаткові гумові або поліуретанові буфери, встановлені у вузлах кріплення або між ресорою і рамою, гальмують передачу імпульсних ударів. Віброізолятори на болтових з'єднаннях також зменшують рівень вібрацій. У ряді випадків застосовують стабілізатори поперечної стійкості, які не лише підвищують стійкість автомобіля, а й частково гальмують бічні коливання.

Технічне обслуговування та експлуатаційні заходи також мають вплив на зниження вібрацій. Всі елементи кріплення ресори (втулки, пальці, стрем'янки, скоби) повинні регулярно оглядатися на наявність зносу, послаблення, тріщин. Вчасна заміна втулок і підтягування кріплень дозволяють уникнути биття підвіски й передачі вібрацій на кузов. Якісне змащення втулок і шарнірів сприяє зменшенню тертя й додатково поглинає дрібні коливання. Ресори, що втратили пружність або мають тріщини, не

можуть ефективно гасити коливання і мають бути замінені на нові з урахуванням рекомендацій виробника.

Зниження вібрації у ресорній підвісці досягається комплексом заходів: удосконаленням способу кріплення ресор, впровадженням ресор прогресивної жорсткості, застосуванням сучасних амортизаторів і додаткових гасників коливань, а також систематичним технічним обслуговуванням. Впровадження технологічних і конструктивних рішень дозволяє зробити навіть класичну ресорну підвіску ефективною у боротьбі з вібраціями, забезпечуючи комфорт, надійність і довговічність вантажного автомобіля.

Висновки за розділом

1. Підвіска вантажного автомобіля є ключовим елементом, що забезпечує безпечну експлуатацію, комфорт руху та ефективне перевезення вантажів у різних дорожніх умовах. Основні типи підвісок – залежні, незалежні, пневматичні, балансирні, торсіонні та гідропневматичні – мають свої конструктивні особливості, що визначають їхню сферу застосування.

2. Ресорна підвіска залишається найбільш поширеною для важких вантажівок завдяки простоті, міцності та високій вантажопідйомності. Зменшення вібрацій у ресорних підвісках досягається комплексом технічних заходів: удосконаленням способу кріплення ресор, застосуванням прогресивних (параболічних) ресор, використанням еластомерних втулок, сучасних амортизаторів, буферів та гідроеластичних опор.

3. Технічне обслуговування (регулярний огляд і заміна зношених елементів) має вирішальне значення для підтримання ефективної роботи підвіски та мінімізації вібрацій.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1. Динаміка багатолістової ресорної підвіски транспортних засобів

Однією з головних задач у вивченні динамічної поведінки транспортних засобів є правильне визначення та аналіз усіх сил, які виникають у підвісці під час руху. Особливо актуальним є питання оцінки так званих непружних сил опору. Це ті сили, що не повертають енергію назад у систему, а, навпаки, розсіюють у вигляді тепла чи мікродеформацій. Саме вони відповідають за те, наскільки добре підвіска гасить коливання, що виникають при наїзді на перешкоди, та чи здатна вона забезпечити комфорт і безпеку на високих швидкостях чи під великим навантаженням.

Проблема взаємодії транспортного засобу із дорогою є комплексною. Це питання цікавить не лише з погляду чистої теорії механіки, а й має практичне значення для інженерів, які проектують автомобілі, вантажівки або залізничні вагони. Кожне рішення щодо геометрії, матеріалів або кріплення елементів підвіски напряму впливає на поведінку машини у русі, її стійкість, керованість, а також довговічність.

Як показують дослідження, на динаміку підвіски впливають одразу кілька груп факторів:

- геометричні параметри (довжина, вигин, розміщення елементів),
- жорсткість пружних деталей (ресор, пружин, амортизаторів),
- амортизаційні характеристики (тобто здатність розсіювати енергію ударів).

Всі ці чинники разом визначають, як саме підвіска реагуватиме на зміну умов руху: чи це рівномірний рух трасою, чи крива ділянка з поворотами, чи екстрене гальмування з великою масою вантажу.

Вибір жорсткості пружних і демпфувальних елементів є надзвичайно важливим – неправильний підбір призводить до значного

підвищення динамічних навантажень (наприклад, при різкому розгоні чи гальмуванні розгойдується уся рама і кузов, що створює незручності пасажиром, зменшує плавність руху й може навіть пошкодити вантаж). Якщо підвіска занадто м'яка, то вона пробивається через значний хід, якщо надто жорстка - передає всі удари на кузов і зменшує зчеплення коліс із дорогою. Це все прямо впливає на рівень безпеки та ефективність транспортного засобу у різних дорожніх ситуаціях.

Особливої уваги потребують вантажні автомобілі. Тут не лише важлива надійність, а й здатність витримувати надмірні навантаження як статичні (вага вантажу), так і динамічні (удари, коливання, резонансні явища під час руху на нерівностях). Саме тому у підвісці часто застосовують багатолистові ресори: пакет кількох сталевих пластин, які працюють як єдиний пружний елемент. Окрім ресор, у конструкцію входять гвинтові пружини, різні типи амортизаторів, а також спеціальні вузли кріплення, що мають свою "механіку" роботи.

Згідно з численними дослідженнями, найважливішу роль у формуванні пружних властивостей підвіски відіграють саме параметри ресори. Проте, коли мова заходить про її амортизаційну здатність тобто, наскільки ефективно вона розсіює енергію удару у науковій літературі є значно менше даних. Багато робіт присвячено розрахункам жорсткості, але значно рідше аналізується, яким чином сам спосіб кріплення ресори впливає на розсіювання енергії, тобто на її демпфування. У більшості довідників чи комерційних каталогів також бракує точних даних щодо повних характеристик вузлів підвіски та робочих параметрів з'єднань.

Це питання стає ще актуальнішим для залізничного транспорту, особливо для сучасних вантажних вагонів і візків, які розраховані на перевезення важких вантажів на великих швидкостях (часто понад 100 км/год). Провідні виробники і транспортні компанії прагнуть адаптувати класичні конструкції під сучасні вимоги – наприклад, модернізують підвіски так, щоб ті могли працювати стабільно навіть при значному

навантаженні й частих ударах. Тут знову актуалізується питання використання багатолистових ресор, здатних забезпечити як потрібну жорсткість, так і внутрішнє демпфування (через тертя між листами чи особливості їхнього з'єднання). Водночас майже відсутні комплексні дослідження, які б детально розглядали вплив саме методу кріплення на здатність ресори розсіювати енергію.

З огляду на це, дана робота присвячена порівняльному аналізу схем кріплення багатолистової ресори у залежній підвісці. Метою є встановлення, як змінюються пружні властивості та рівень дисипації (розсіювання) енергії в залежності від конструкції кріплення, а також визначення практичних рекомендацій для оптимізації підвіски вантажного транспорту.

Дослідження проводяться для різних режимів завантаження (швидке та повільне навантаження, розвантаження), і результати порівнюються за допомогою побудови графіків: пружних характеристик (тобто залежності сили від деформації), гістерезисних петель (які ілюструють втрати енергії), а також діаграм навантаження та рівня дисипації.

Об'єктом аналізу є ресора для задньої підвіски вантажного автомобіля. Для точного дослідження було змодельовано спеціальну конструкцію: кілька пружних елементів із різною геометрією, які працюють паралельно – такий підхід дозволяє наблизити результати моделювання до реальних умов експлуатації. Саме таку конструкцію часто використовують у сучасних важких вантажівках, де потрібні білінійні пружні характеристики (тобто жорсткість змінюється при різних рівнях навантаження).

На рисунку 2.1 показано принципову схему вільного кріплення ресори, а також її положення у спеціальному стенді для випробувань і вимірювань. Особливістю є наявність рухомого вузла (виділено на схемі), який дозволяє змінювати як кут установки ресори (від $-\phi$ до $+\phi$), так і довжину підвіски (від $H_{\min}$ до $H_{\max}$). Це дає можливість провести

моделювання реальних змін конфігурації вузла під різними навантаженнями.

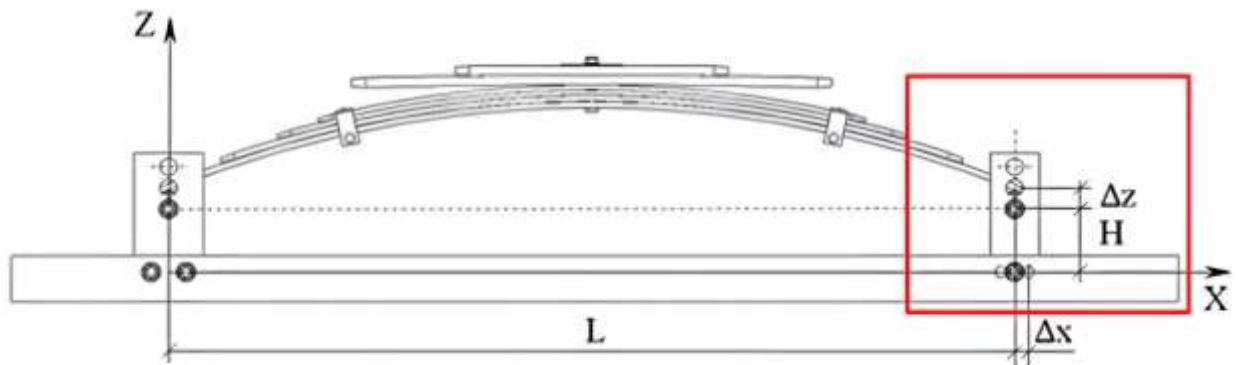


Рисунок 2.1 - Способи кріплення ресори

Результати чисельних досліджень свідчать, що на пружні характеристики багатолистової ресори з підвісом найсильніше впливає саме початковий кут її установки. При зміні цього параметра різниця у максимальній силі, яку може витримати ресора, досягає 19% (для однієї з конфігурацій). Зміна довжини підвісу також впливає на поведінку системи, але меншою мірою – у межах 10% (рис/ 2.2, 2.3).

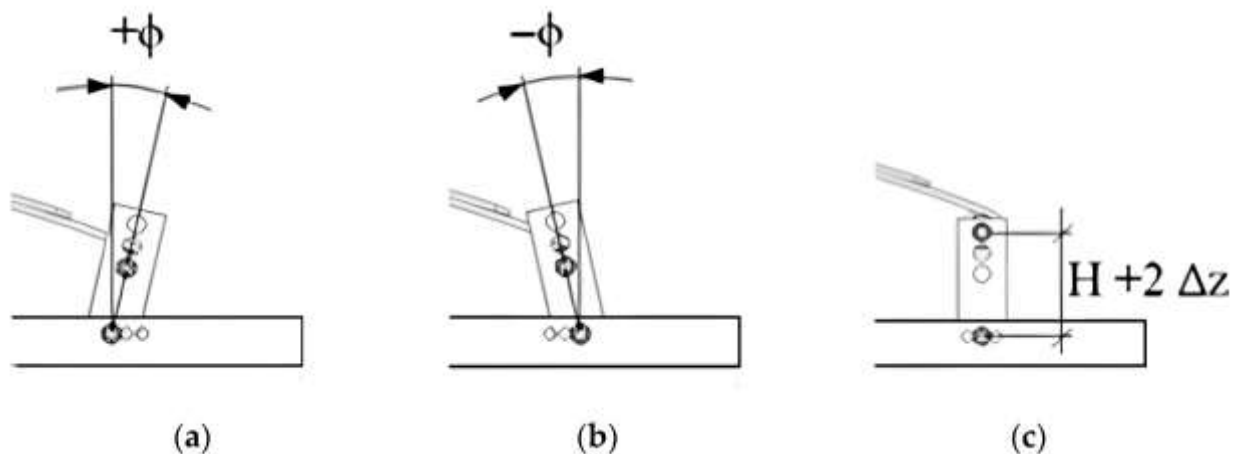


Рисунок 2.2 – Встановлення початкового кута кріплення ресори

Таким чином:

- метод кріплення ресори має істотний вплив на демпфування та енергетичні втрати у підвісі;

- оптимізація початкового кута і довжини підвіски дозволяє досягти потрібного балансу між жорсткістю й демпфуванням, що важливо для підвищення безпеки, довговічності й комфорту експлуатації вантажних автомобілів.

Рухоме кріплення (виділене на схемі) є ключовим елементом дослідження, оскільки саме через нього реалізується можливість зміни геометрії встановлення ресори. Така схема дає змогу наочно продемонструвати, як змінюється робота ресори при різних налаштуваннях її монтажу, що дуже важливо для практичної оптимізації підвісок у транспортній техніці.

У цій конструкції передбачено декілька варіантів зміни конфігурації кріплення ресори:

Зміна кута початкового відхилення ($\pm\phi$). За допомогою переміщення осі обертання (позначеної як X) можна змінити початковий нахил ресори щодо горизонталі. Це дозволяє встановити різний кут монтажу, який у реальних умовах визначає, наскільки швидко ресора почне сприймати навантаження й з якою жорсткістю реагуватиме на деформації. Регулювання кута важливе для підбору оптимального балансу між комфортом та витривалістю підвіски, оскільки навіть невелике відхилення може суттєво вплинути на пружні характеристики системи.

Зміна довжини підвіски (H). Конструкція також передбачає можливість зміни довжини вішалки (елемента підвіски), яка з'єднує ресору з основою кріплення. Зміна цієї довжини дозволяє дослідити, як впливає напруженість підвіски на її жорсткість, амортизаційні властивості й загальний характер роботи під навантаженням. Зазвичай збільшення довжини підвіски дозволяє ресорі легше пристосовуватися до великих деформацій, однак може впливати на амплітуду і швидкість передачі коливань на кузов.

Таке експериментальне моделювання дозволяє виявити оптимальні параметри для різних режимів експлуатації підвіски вантажного автомобіля, а також краще зрозуміти, як конфігурація вузла кріплення впливає на кінцеві

пружні та демпфувальні властивості системи. Це має важливе значення для підвищення ресурсу вузлів, зниження вібрацій і покращення експлуатаційних якостей транспортних засобів.

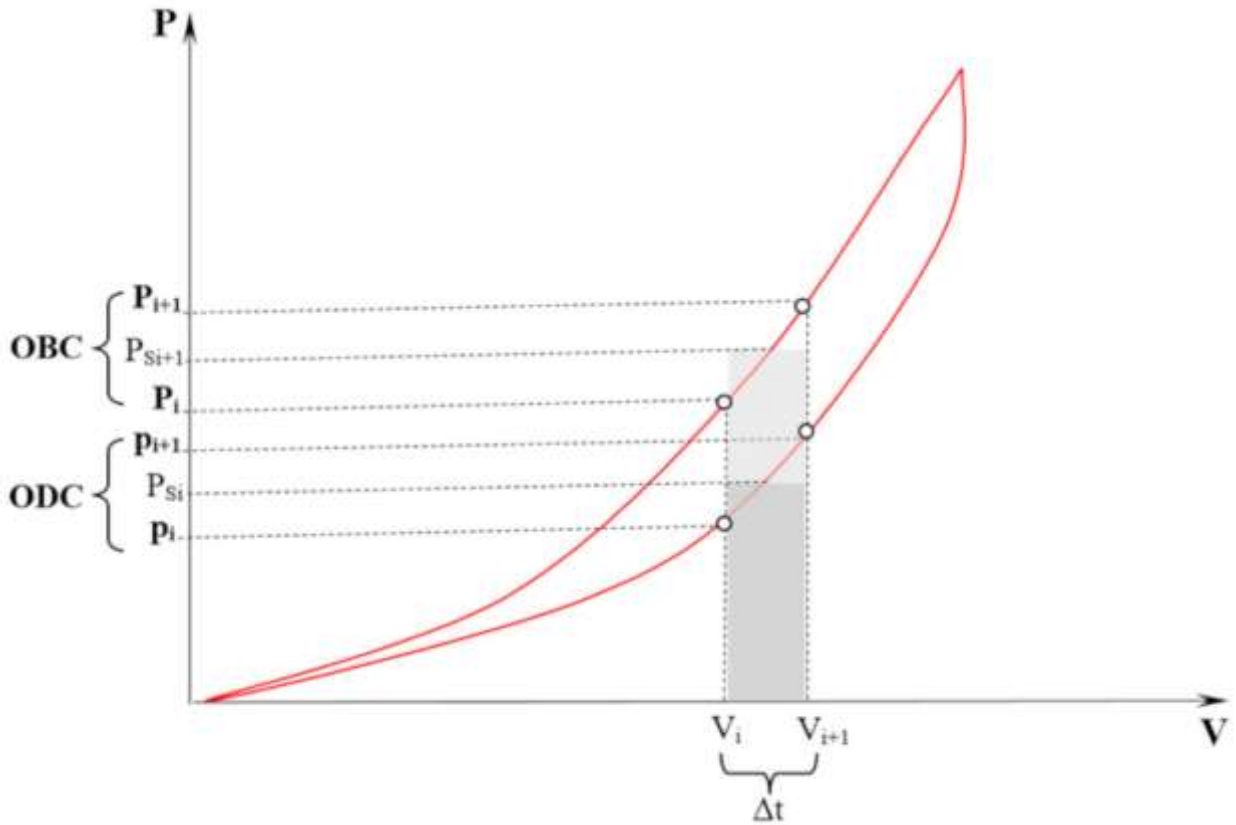


Рисунок 2.3 – Визначення роботи, пов’язаними з гістерезисними явищами у ресорах

Пружні властивості ресори, закріпленої на підвісці мінімальної довжини (H_{min}) при встановленні початкового кута відхилення підвіски на постійну величину $+\phi$, були визначені шляхом моделювання. Проведений аналіз показав, що максимальні зусилля, які розвиває така система під час навантаження, майже ідентичні між різними підвісками цього типу: відмінність між ними не перевищує одного відсотка. Це свідчить про те, що саме у даній конфігурації вплив зміни довжини підвіски на жорсткість і несучу здатність ресори є мінімальним, а ключовим чинником залишається початковий кут установки підвісу.

Для більш детального аналізу, особливо з метою визначення величини енергії, що відбирається системою під час циклів навантаження-розвантаження, проводили чисельне інтегрування площі під ділянкою гістерезису на графіку “сила-деформація”. Це дозволило точно розрахувати енергетичні втрати та оцінити рівень демпфування в системі. Розрахунки виконувалися з використанням методу кінцевих елементів, який дозволяє змодельовати складні нелінійні залежності і врахувати всі особливості деформації та контакту між окремими елементами підвіски [26].

В розрахунках використовувалась формула (2.1), що дала змогу отримати числові значення для подальшого порівняння різних схем кріплення ресори і оцінки ефективності кожної з них у контексті поглинання та розсіювання енергії при циклічних навантаженнях:

$$L_{OBC} = \int_0^{V_{\max}} PdV = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(P_{i+1} + P_i)}{2} (v_{i+1} - v_i) \quad (2.1)$$

У ході чисельного аналізу було встановлено постійний крок інтегрування Δt , значення якого обирали, виходячи з частоти дискретизації, що становила 10 Гц. Такий вибір забезпечує необхідну точність при розрахунках, а також дозволяє коректно порівнювати результати між різними моделями та режимами випробувань. Усі подальші інтегрування та розрахунки проводились із цим самим часовим кроком, що гарантує послідовність і об’єктивність отриманих даних. Частота дискретизації 10 Гц обрана з урахуванням особливостей динаміки роботи ресорної підвіски у реальних експлуатаційних умовах і потреб аналізу гістерезисних циклів. Це означає, що всі значення сили та деформації фіксуються через однакові проміжки часу – кожні 0,1 секунди.

Для більшості вантажних автомобілів робочі частоти коливань підвіски зазвичай лежать у межах 1–5 Гц, а щоб коректно відтворити періодичний сигнал (у даному випадку – зміну сили чи деформації), частота дискретизації

має бути принаймні удвічі більшою за максимальну частоту досліджуваного процесу.

За аналогічною методикою була визначена і кількість енергії, яка вивільняється під час фази розвантаження ресори. У цьому випадку інтегрували площу під частиною графіка “сила-деформація”, що відповідає зворотному ходу петлі гістерезису (нижня частина на рисунку 2.3). Саме цей фрагмент ілюструє, скільки енергії повертається назад у систему або втрачається під час розгинання елемента підвіски.

Для обчислення цієї величини використовували рівняння (2.2), яке дозволяє отримати числові значення площі під відповідною ділянкою графіка. Це дає змогу зробити повноцінний аналіз втрат енергії на різних етапах циклу навантаження-розвантаження і оцінити, наскільки ефективно обрана схема кріплення ресори забезпечує поглинання та розсіювання динамічних зусиль:

$$L_{OBC} = \int_{V_{\max}}^{V_{\min}} PdV = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(P_{i+1} + P_i)}{2} (v_{i+1} - v_i) \quad (2.2)$$

$$|L_{ODC}| \leq |L_{OBC}| \quad (2.3)$$

$$\Delta L = |L_{OBC}| - |L_{ODC}| \quad (2.4)$$

Значення роботи, отримане для фази розвантаження, має протилежний знак порівняно з попередньо розрахованою енергією, яка витрачається під час навантаження. До того ж, за абсолютною величиною це значення завжди менше. Така різниця між двома етапами циклу навантаження й розвантаження, що позначається як ΔL , фактично відображає кількість енергії, яку система не повертає назад, а розсіює у навколишнє середовище.

Основною причиною цих енергетичних втрат є процеси тертя, які виникають між окремими листами багатолистової ресори під час їхнього згинання та розгинання. Саме це внутрішнє тертя приводить до перетворення

частини механічної енергії у тепло. Таким чином, величина ΔL і втратою, яку система компенсує за ефективне демпфування коливань через ці втрати ресорна підвіска поглинає і гасить удари, забезпечуючи стабільність і комфорт.

Графічно цю величину легко ідентифікувати на діаграмі “сила-деформація” й вона дорівнює площі, укладеній всередині петлі гістерезису (рис. 2.3). Чим ширша ця петля, тим більше енергії розсіюється під час циклічної роботи підвіски, і тим вищою є її амортизаційна здатність.

Для кількісної оцінки ефективності демпфування у підвісці доцільно використовувати відношення розсіяної енергії (ΔL) до енергії, витраченої на навантаження ресори (L_{OBC}). Це відношення застосовується як інтегральна міра амортизаційних властивостей:

$$\frac{\Delta L}{L_{OBC}} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

Отримані дані дозволяють оцінити величину непружного опору, що виникає у залежних підвісках різних типів транспортних засобів. Цей опір формується, головним чином, завдяки деформації багатолістової ресори разом із її кріпленнями, такими, як підвіси, шарнірні з'єднання, вушкові вузли тощо. Важливо наголосити, що всі ці результати стосуються підвіски у базовій конфігурації й без застосування додаткових демпфуючих елементів.

Визначення рівня непружного опору на етапі проектування має особливе значення, що дає змогу зрозуміти, наскільки підвіска сама по собі здатна гасити коливання, і чи потрібно додавати в систему спеціальні демпфери для досягнення бажаного рівня плавності руху та безпеки.

Використання амортизаційних компонентів таких як гідравлічні амортизатори або амортизатори з фрикційною дією дозволяє суттєво підвищити амортизаційні властивості підвіски. Це особливо важливо для вантажних автомобілів, які регулярно працюють із дуже великими

навантаженнями й піддаються частим динамічним впливам під час руху по нерівних дорогах. Саме ці додаткові пристрої відіграють вирішальну роль у забезпеченні не лише комфортної їзди, а й довговічності всієї ходової частини.

2.2. Оцінка вібронавантаження ресорної підвіски автомобіля

Параметри й якість підвіски вантажного автомобіля мають визначальний вплив не лише на плавність руху, а й на низку ключових експлуатаційних властивостей транспорту. Серед них особливо виділяють економічність витрати пального, керованість і стійкість машини, прохідність по складних ділянках, а також довговічність основних вузлів і загальну надійність роботи в умовах змінного навантаження. Важливу роль відіграє і тягово-швидкісний потенціал – тобто здатність автомобіля розганятися, долати підйоми, підтримувати стабільну швидкість на різних типах доріг.

Особливої уваги заслуговує питання руху по нерівних або ґрунтових дорогах. Тут лімітуючим фактором часто є не потужність двигуна, а саме ефективність роботи підвіски: якщо підвіска неправильно налаштована або її початкові кінематичні параметри підібрані невдало, швидкість руху доводиться суттєво знижувати через ризик надмірних вібрацій, втрати стійкості або пошкодження вантажу. В результаті недостатньо оптимізована підвіска може знижувати загальну продуктивність автомобільного транспорту і спричиняти передчасний знос вузлів.

Серед сучасних технічних рішень особливо перспективною вважається саморегульована пневматична підвіска. Вона дозволяє досягти набагато вищої плавності руху у порівнянні з класичними металевими системами - ресорними, пружинними чи торсіонними. Головна перевага такої підвіски є можливість підтримувати стабільну висоту кузова над мостами незалежно від зміни маси вантажу або кількості пасажирів. Завдяки

цьому істотно знижується динамічний хід підвіски, а автомобіль залишається комфортним та керованим за будь-якого завантаження.

Проте навіть пневматичні системи мають свої обмеження. При русі по дуже нерівних дорогах можливий значний “зсув” динамічного нейтрального положення кузова вниз. Причиною є не лише асиметрія у характеристиках амортизаторів, але й недосконалість регуляторів рівня підлоги, що визначаються їхньою конструкцією та налаштуваннями. Через це конструкторам іноді доводиться збільшувати амплітуду можливих коливань і, відповідно, піднімати кузов вище над рамою. Такий підхід не завжди зручний з точки зору посадки пасажирів, завантаження або центра ваги автомобіля.

Для досягнення кращої поперечної стійкості транспортного засобу важливо знизити амплітуду коливань підвіски, особливо при русі з великим вантажем. Найбільш простий і ефективний шлях розв’язання цієї задачі є стабілізація динамічної нейтралі через удосконалення геометрії ресори, а також підбір параметрів, які дають змогу підвісці адекватно реагувати на дрібні збурення дороги.

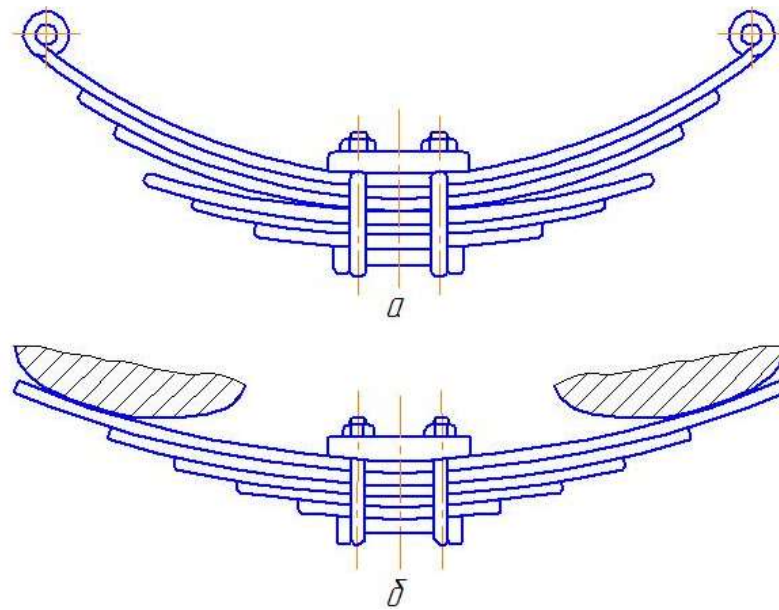
Основні шляхи підвищення плавності ходу для класичних ресорних підвісок це:

- вибір оптимальної кількості та товщини листів у ресорах, зміна жорсткості для досягнення балансу між пружністю і вантажопідйомністю. Це дозволяє забезпечити достатню м’якість підвіски на нерівностях, не втрачаючи її міцності під час транспортування вантажів;
- використання ресор із прогресивною жорсткістю, вони можуть підлаштовуватися під змінні навантаження, працювати більш м’яко за порожнього кузова і ставати жорсткішими під час перевезення великих мас, що сприяє зниженню вібрацій, розгойдувань і покращенню контакту коліс із дорогою.

При русі по польових дорогах або місцевості з вираженим рельєфом підвіска піддається значним динамічним впливам. В умовах повного завантаження амплітуда коливань помітно зростає, а розгойдування кузова може суттєво погіршити керованість та комфорт. Для зменшення впливу дрібних коливань і підвищення комфортності рекомендують:

- збільшити довжину корінного листа ресори, що призводить до зменшення загальної жорсткості пакета, але потребує більш масивної конструкції;
- застосовувати демпфуючі елементи у вузлах кріплення ресори, що дозволяє частину енергії удару поглинати вже на стадії її передачі до рами.

Використовувати ресори з прогресивною характеристикою, які оптимально реагують на різні величини навантажень (рис. 2.4).



а –ресори з прогресивною жорсткістю; б – кріплення кінців ресор зі застосуванням подушок

Рисунок 2.4 – Способи зниження початкової жорсткості ресори

Жорсткість прогресивних ресор, представлених на рисунку 2.4, у початковій стадії деформації є відносно малою. Це означає, що підвіска досить м'яко реагує на незначні нерівності дороги, що суттєво підвищує плавність руху автомобіля та комфорт для водія й пасажирів, особливо при

русі без вантажу або з мінімальним навантаженням. Така властивість є надзвичайно цінною для комерційного транспорту, адже дозволяє ефективно поглинати дрібні коливання й зменшує втомлюваність персоналу під час тривалих рейсів.

Однак у міру зростання навантаження або збільшення амплітуди деформації ресори жорсткість її поступово підвищується. Це досягається завдяки конструктивній особливості прогресивних ресор: у пакеті листів передбачені спеціальні зазори, які в процесі згинання ресори поступово перекриваються. Таким чином, при малих навантаженнях працює лише частина листів, а зі збільшенням деформації до роботи залучаються додаткові листи, ущільнюючи пакет і підвищуючи загальну жорсткість. В результаті підвіска здатна забезпечити необхідну вантажопідйомність і підтримувати геометрію автомобіля навіть при повному завантаженні.

На черговому етапі проектування підвіски важливим завданням є визначення масових характеристик транспортного засобу. Передусім розраховують споряджену масу автомобіля, яка включає власну масу шасі, кабіни, кузова, необхідного запасу пального та інших робочих рідин. Після цього враховують типову масу вантажу, який передбачається перевозити, та визначають, як саме цей вантаж розподіляється між різними осями. Такий підхід дає змогу отримати повну картину навантаження на кожен вузол підвіски та уникнути її перевантаження або нерівномірного розподілу сил, що є важливим для стійкості й безпеки руху.

Далі переходять до розрахунку власне параметрів підвіски. Насамперед обирають жорсткість ресор або інших пружних елементів, підбирають їхні геометричні розміри (довжину, ширину, товщину листів, діаметр і довжину пружин тощо), а також розміри допоміжних елементів – амортизаторів, буферів ходу, скоб і втулок. Коректний вибір цих характеристик напряду впливає на здатність підвіски поглинати удари й забезпечувати стабільність транспортного засобу в різних умовах.

Важливо також провести аналіз динамічних характеристик підвіски. Зокрема, визначають динамічний хід - максимальну величину переміщення підвіски під час руху по нерівностях. Оцінюють характер і частоту коливань кузова, визначають динамічну нейтраль – положення, при якому кузов знаходиться у стані рівноваги без додаткових розгойдувань. При необхідності конструктивно передбачають способи стабілізації цієї нейтралі, щоб зменшити вібрації та розгойдування при русі.

Коливальна система підвіски (або система підресорювання) включає комплекс деталей, вузлів і механізмів, які забезпечують з'єднання кузова з колесами та, відповідно, з дорогою. Головна мета такої системи максимально ізолювати кузов і пасажирів від негативних впливів нерівностей дорожнього покриття, зберігаючи при цьому стабільність і надійність керування транспортним засобом.

Особливу увагу при проектуванні приділяють співвідношенню підресореної та непідресореної маси. Підресорена маса – це частина маси автомобіля, яка спирається на підвіску (кузов, двигун, кабіна), а непідресорена – це колеса, осі, частини підвіски, які безпосередньо контактують із дорогою. Зменшення непідресореної маси сприяє зниженню вібрацій і покращенню плавності ходу, тоді як оптимізація підресореної маси дозволяє досягти кращої стабільності та безпеки руху. Всі ці аспекти враховують для досягнення високих експлуатаційних стандартів сучасних вантажних автомобілів [10], [17], [27].

Підресорена маса транспортного засобу – це сукупність усіх його складових, які підтримуються підвіскою, тобто розташовані вище її основних пружних елементів (ресор, гвинтових пружин або пневматичних балонів). До цієї категорії належить кузов, силова рама, двигун, коробка передач, трансмісійні механізми, кабіна, обладнання та інші допоміжні системи, які “висять” на підвісці й отримують від неї захист від вібрацій і ударів. Підресорена маса фактично формує основну частину ваги автомобіля, яку підвіска ізолює від дорожніх нерівностей.

Непідресорена маса, навпаки, включає всі елементи, які знаходяться нижче від пружних елементів підвіски або безпосередньо взаємодіють із дорогою. Це колеса й шини, гальмівні механізми (барабани або диски), маточини, підшипники, частини осей і приводних валів, а також елементи самої підвіски, що розташовані під ресорами чи пружинами. Саме ці деталі першими сприймають удари від нерівностей і передають їх на решту конструкції.

Від співвідношення підресореної та непідресореної маси залежить багато ключових властивостей автомобіля - від плавності руху до чутливості до коливань і рівня шуму в салоні. Тому грамотний інженерний розрахунок передбачає побудову структурної схеми підвіски з чітким поділом на ці маси для подальшого аналізу динаміки та оптимізації її характеристик.

Розрахункова схема підвіски з урахуванням підресореної та непідресореної маси матиме вигляд, представлений на рисунку 2.5..

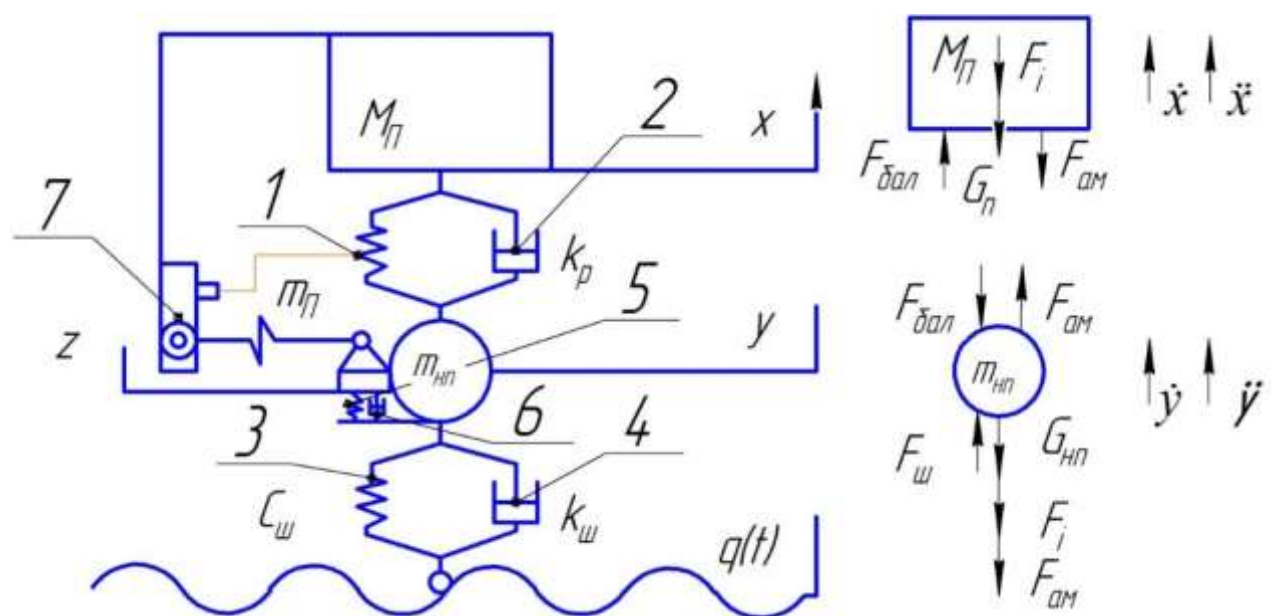


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема ресорної підвіски

Для аналізу коливань і руху елементів підвіски у процесі дослідження застосовують систему інерціальних координат, яка дозволяє чітко відслідковувати положення як підресореної, так і непідресореної мас транспортного засобу. Це необхідно для точного математичного моделювання взаємодії між різними частинами конструкції.

Вісь X у цій системі координат вибирається так, щоб її початок збігався з точкою статичної рівноваги підресореної маси (M_p). Таким чином, будь-яке відхилення по цій координаті буде відображати зміну положення кузова або основної рами автомобіля відносно його початкового, спокійного стану.

Вісь Y встановлюється відповідно до статичного положення непідресореної маси (m_{np}), тобто коліс, маточин, гальмівних механізмів та інших елементів, які спираються на дорожнє покриття через підвіску. Відхилення по цій координаті характеризують зміни у положенні компонентів, що знаходяться нижче пружних елементів підвіски.

Всі нерівності дороги, шви, дрібні ямки та інші дефекти утворюють так званий мікропрофіль дорожнього покриття. Саме ці нерівності створюють збурення для підвіски, спричиняючи періодичні чи випадкові силові впливи. Такі збурення найзручніше описувати математично за допомогою функції переміщення або сили, яка діє на непідресорену масу (наприклад, колеса) у кожен момент часу або на кожному відрізку шляху. Зазвичай цю дію прийнято описувати через функцію типу:

$$q=q(t), \quad (2.6)$$

де t – функція від часу, с.

Застосовуючи принцип Даламбера система рівняння набуде наступного вигляду:

$$\begin{cases} -F_{in} - G_n + F_{вал} - F_{ам} = 0; \\ -F_{инн} - G_{nn} - F_{вал} + F_{ам} - F_{амии} + F_{и} = 0. \end{cases} \quad (2.7)$$

Коли система підвіски працює, кожен пружний елемент (ресора, шина, амортизатор) демонструє власні характерні ділянки роботи. Зазвичай виділяють три основні ділянки деформації. Початкова, або лінійна ділянка - у цій області опір елемента зростає прямо пропорційно деформації (закон Гука). Система поводить себе пружно й повертається у вихідний стан після зняття навантаження.

Зона прогресивної жорсткості, коли деформація досягає певної межі, жорсткість зростає швидше, а опір стає більшим. Та зона обмеження контакту. При максимальних навантаженнях елемент майже перестає деформуватися, працюють обмежувачі (буфери, відбійники), і вся сила сприймається вже жорсткими деталями конструкції.

Загальна сила, яка затрачається на деформацію підвіски на всіх цих ділянках, визначає здатність системи ефективно гасити вібрації, забезпечувати комфорт і зберігати цілісність конструкції під час експлуатації розраховується:

$$F(h) = \begin{cases} P \cdot S(h) + c_{сж} \cdot (h_{сж} - h) \text{ при } h \leq h_{сж}; \\ P \cdot S(h) \text{ при } h_{сж} < h \leq h_{отб}; \\ P \cdot S(h) + c_{отб} \cdot (h - h_{отб}) \text{ при } h \geq h_{отб}. \end{cases}, \quad (2.8)$$

У класичній теорії підресорювання робота амортизатора часто описується за допомогою лінійної, але несиметричної залежності між силою опору й швидкістю відносного переміщення підресореної та непідресореної маси. Це означає, що опір, який чинить амортизатор, пропорційний швидкості руху, але значення коефіцієнта пропорційності може відрізнитися для стиснення (компресії) й для розтягування (відбою) амортизатора.

Несиметричність цієї залежності відображає реальні конструктивні особливості амортизаторів: часто для забезпечення кращої керованості і збереження стійкості руху під час швидкого повернення колеса у вихідне положення сила відбою робиться більшою, ніж сила стиснення.

Після застосування цієї лінійної (несиметричної) залежності можна розрахувати силу опору, яку створює амортизатор в будь-який момент часу, враховуючи напрям і швидкість руху деталей підвіски. Такий підхід спрощує математичний опис системи й дозволяє ефективно моделювати динаміку коливань кузова та коліс транспортного засобу.

$$F_{ам}\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right) = \begin{cases} k_{отб} \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dt}\right) n_{пу} \frac{dx}{dt} \geq \frac{dy}{dt}; \\ k_{сnc} \cdot \left(\frac{dx}{dt} \cdot \frac{dy}{dt}\right) n_{пу} \frac{dx}{dt} < \frac{dy}{dt} \end{cases}, \quad (2.9)$$

де $k_{отб}$, $k_{сnc}$ – коефіцієнти відбою і розтягування амортизатора.

Пружна характеристика шини є одним із ключових параметрів, що визначає, як шина поводить себе під дією навантажень, які виникають при русі автомобіля. Ця характеристика показує, наскільки шина здатна пружно сприймати і гасити сили, які передаються на неї від ваги транспортного засобу, дорожніх нерівностей чи динамічних впливів під час руху.

Жорсткість шини відображає опір шини деформації при навантаженні. Величина жорсткості напряму залежить від складу гумової суміші, внутрішньої будови (кількість шарів корду, тип брекерів, висота та профіль протектора) та конструктивних особливостей (радіальна чи діагональна, армування тощо) [17], [25], [29].

$$F_{ш}(y, q) = \begin{cases} 0 & n_{пу}(y-q) > f_{ш_0}; \\ c_{ш} \cdot (f_{ш_0} - (y-q)) & n_{пу} f_{ш} \leq (y-q) \leq f_{ш_0} \\ c_{ш} \cdot (f_{ш_0} - f_{ш}) + c_{об} \cdot (f_{ш} - (y-q)) & n_{пу}(y-q) < f_{ш} \end{cases}, \quad (2.10)$$

Демпфуюча характеристика визначається:

$$F_{амш}\left(\frac{dy}{dt}, \frac{dq}{dt}\right) = k_{ш} \cdot \left(\frac{dy}{dt} - \frac{dq}{dt}\right) n_{пу}(y-q) < f_{ш_0} \quad (2.11)$$

де $k_{ш}$ – коефіцієнт демпфування.

Сили інерції, які виникають у підресорених та невідресорених частинах автомобіля під час руху, розраховують на основі основних положень класичної механіки, другого закону Ньютона. Відповідно до цього закону, сила інерції прямо пропорційна добутку маси відповідного елемента (відресореної або невідресореної) на його прискорення.

$$F_{in} = m_{II} \cdot \frac{d^2 \cdot x}{dt^2}; \quad F_{inII} = m_{III} \cdot \frac{d^2 \cdot y}{dt^2}. \quad (2.12)$$

Після розв'язання системи диференціальних рівнянь одержимо модель коливання підвіски:

$$\begin{cases} -m_{II} \cdot \frac{d^2 \cdot x}{dt^2} - m_{II} \cdot g - F(x, y, T) + F_{AM} \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right) = 0 \\ -m_{III} \cdot \frac{d^2 \cdot y}{dt^2} - m_{III} \cdot g - F(x, y, T) + F_{AM} \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right) + F_w(y, q(t)) - F_{AMIII} \left(\frac{dy}{dt}, \frac{dq(t)}{dt} \right) = 0 \\ \frac{dT}{dt} = \frac{1}{G \cdot G_v} \left[k_t \cdot \frac{S}{b} (T - T_{nap}) - P \cdot \frac{dV}{d(x-y)} \cdot \frac{d(x-y)}{dt} \right] \end{cases} \quad (2.13)$$

Після підстановки необхідних числових значень у систему рівнянь (2.13), які описують динаміку руху відресореної та невідресореної мас, було отримано теоретичні осцилограми для графічного відображення зміни положення (або швидкості, прискорення) підвіски у часі. Ці осцилограми дозволяють наочно простежити характер коливань підвіски вантажного автомобіля у відповідь на дію зовнішніх збурень.

Для імітації реальних дорожніх умов мікропрофіль ґрунтової дороги моделювався у вигляді періодичного силового збурення, що має форму синусоїдальної функції. Такий підхід дозволяє оцінити реакцію підвіски не лише на одиничні нерівності, а й на регулярні хвилеподібні дефекти дорожнього покриття, які є типовими для багатьох польових та сільських шляхів.

Результати теоретичного моделювання, що ілюструють поведінку відресореної маси під впливом зазначених збурень, представлені на рисунку 2.6. Ці графіки відображають амплітуду та частоту коливань кузова, ступінь

їхнього згасання з часом, а також дозволяють оцінити ефективність роботи підвіски щодо поглинання енергії нерівностей та забезпечення комфорту під час руху

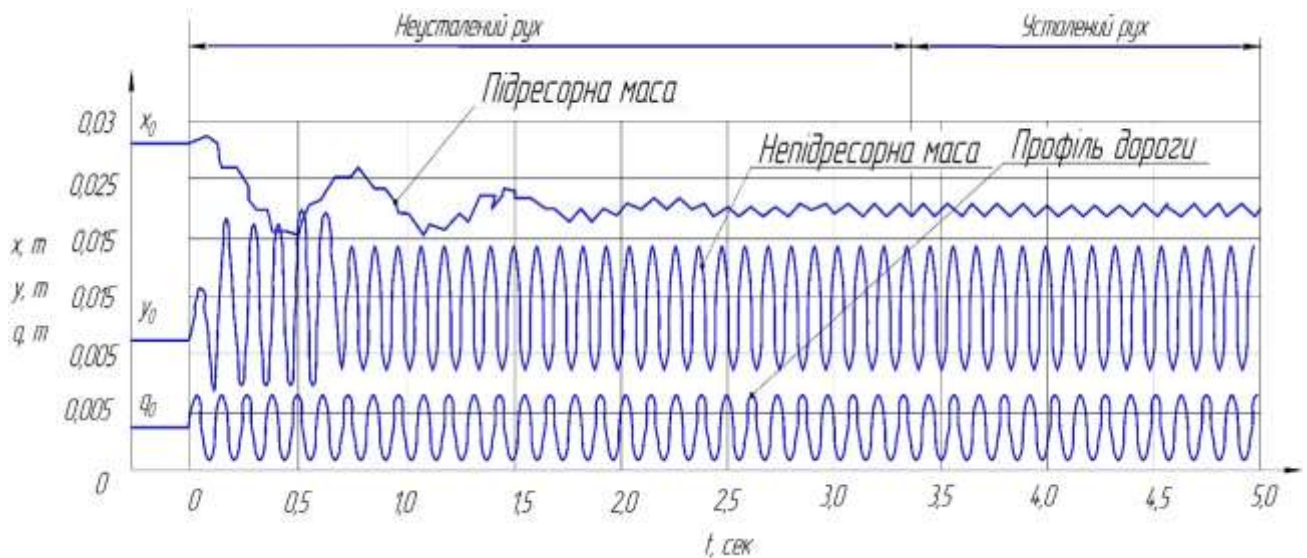


Рисунок 2.6 – Результати теоретичного моделювання, що ілюструють поведінку підресореної маси

Аналіз осцилограм, наведених на рисунку, демонструє, що на початковій фазі руху підвіски виникають складні коливання, які складаються з двох основних гармонійних компонентів. Перша - це коливання з власною частотою системи підвіски, які притаманні самій конструкції й залежать від її маси та жорсткості. Друга - це коливання, викликані зовнішніми періодичними збуреннями, що утворюються через проїзд автомобіля по нерівностям дороги (тобто частота обурення дорівнює частоті синусоїдального профілю дорожнього покриття) [26], [27], [29].

З часом, у процесі руху, амплітуда низькочастотних власних коливань поступово затухає внаслідок дії демпфуючих елементів підвіски, таких як амортизатори, а система переходить у режим сталих, вимушених коливань. У цьому усталеному стані підресорена маса кузова вже коливається, головним чином, із частотою, яка визначається мікропрофілем дороги.

Водночас спостерігається зсув динамічної нейтралі (ДН) від положення рівноваги підресореної маси, яке зміщується донизу. Такий зсув зумовлений несиметрією навантажень та особливостями роботи амортизаторів і підвіски загалом, що веде до зменшення динамічного ходу (робочого ходу) підвіски в цьому режимі. В умовах інтенсивних або частих збурень це може призводити до ситуації, коли підвіска втрачає здатність компенсувати всі нерівності дороги.

Критичним моментом є так званий “пробій підвіски”, коли амплітуда коливань підресореної маси перевищує максимально допустимий хід деформації ресори. У такому випадку елементи підвіски доходять до механічних обмежувачів (буферів), і навантаження передається безпосередньо на жорсткі елементи конструкції, що може призвести до пошкоджень або зниження комфорту руху. На рисунку 2.7 відображено ці граничні стани, де відносні переміщення перевищують межу нормальної роботи підвіски [2] [4], [26].

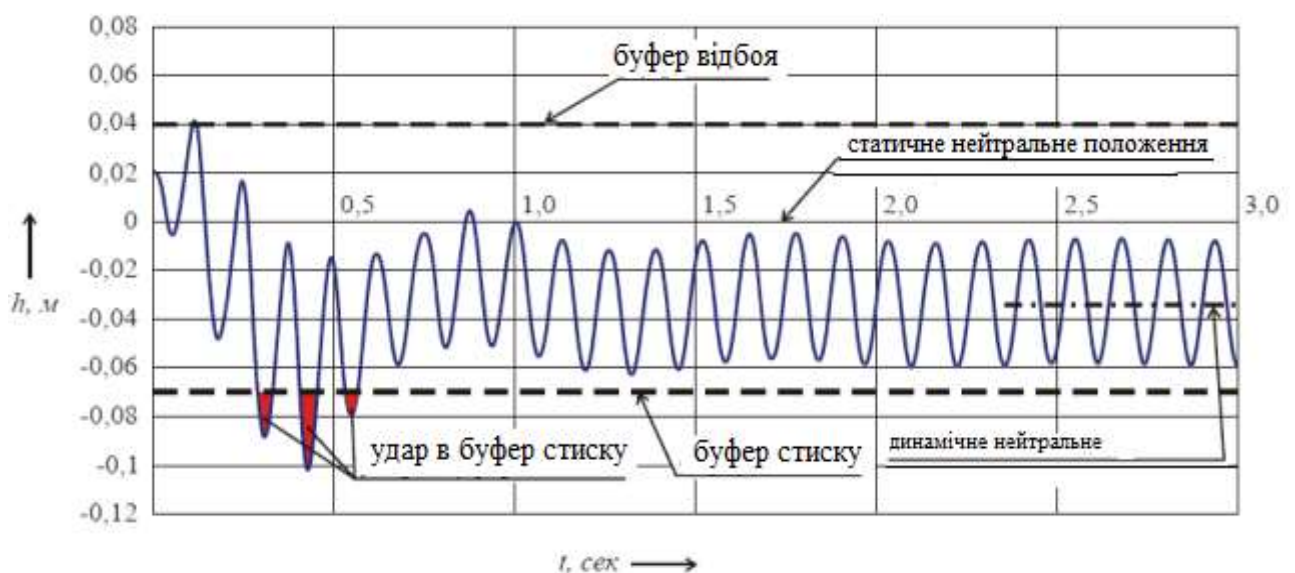


Рисунок 2.7 – Оцінка величини коливань підвіски

Ймовірність пробою суттєво зростає під час руху на високій швидкості по нерівних дорогах. У такому випадку удари від нерівностей передаються на підвіску з більшою силою, і ресори просто не встигають

відреагувати або погасити імпульс, тому швидко досягають граничної точки деформації.

Крім того, до факторів ризику можна віднести й зношення або пошкодження ресор, неправильне налаштування підвіски, недостатню ефективність амортизаторів, а також використання шин із невідповідним тиском. Усі ці обставини зменшують здатність системи гасити динамічні навантаження, що, своєю чергою, підвищує ризик виникнення пробіїв підвіски навіть за стандартних умов експлуатації.

Висновки за розділом

1. У другому розділі проведено комплексний аналіз динаміки багатолистової ресорної підвіски вантажного автомобіля з урахуванням особливостей її кріплення, впливу основних параметрів на поведінку системи під час навантаження та розвантаження, а також оцінки вібронавантаження в реальних умовах експлуатації.

2. Встановлено, що початковий кут установки і довжина підвіски суттєво впливають на жорсткість, демпфуючі властивості та енергетичні втрати ресорної підвіски.

3. Параметри підресореної та невідресореної маси, вибір жорсткості та кінематичні особливості підвіски визначають динамічну поведінку автомобіля, впливають на стійкість, комфорт, тягово-швидкісні характеристики і довговічність експлуатації.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Результати вимірювання параметрів вібрації кузова вантажного автомобіля

Для вимірювання параметрів вібрації кузова вантажного автомобіля, обладнаного ресорною підвіскою з гумовими подушками, було використано сучасний контактний віброметр. У представленому дослідженні застосовувався багатоканальний пристрій (рис. 3.1), що дає змогу одночасно проводити моніторинг рівня вібрацій у різних точках конструкції автомобіля, наприклад, безпосередньо на балці ведучого моста та на елементах кузова. Такий підхід забезпечує комплексну діагностику та дозволяє детально простежити, як змінюються параметри вібрацій у різних зонах транспортного засобу залежно від типу підвіски та дорожніх умов [3], [16], [23].



Рисунок 3.1 – Двоканальний віброметр FNIRSI DPOX180H V.2

Основною функцією віброметра є реєстрація та цифрова обробка інтегральних характеристик вібрації, найважливішою з яких вважається

віброшвидкість. Віброшвидкість характеризує швидкість зміни положення точки конструкції внаслідок дії зовнішніх чи внутрішніх сил і має прямий зв'язок із величиною сили, що збуджує коливання. На практиці амплітуда коливань може визначатися у різних одиницях: м/с^2 (прискорення), g (гравітаційне прискорення), дБ (децибели, для відносної оцінки) – вибір одиниці залежить від мети та стандартів вимірювання.

Метою експериментальних досліджень було перевірити відповідність теоретичних розрахунків реальній поведінці підвіски. Зокрема, важливо було з'ясувати, як змінюються параметри коливань підресореної і непідресореної маси при використанні різних типів ресор, і встановити характер зсуву динамічної нейтралі – тобто того положення підвіски, навколо якого відбуваються основні коливання. Для цього коливальні процеси реєструвалися з використанням контрольно-вимірювального комплексу, що базується на портативному двоканальному осцилографі FNIRSI DPOX180H V.2.

Для покращення роботи підвіски нами було вирішено встановити резинову проставку (гумову подушку) під кронштейн кріплення задньої ресори вантажного автомобіля DAF XF 95. Даний елемент підвіски виконуватиме кілька функцій, що безпосередньо впливають на комфорт, довговічність і надійність роботи підвіски (рис. 3.2).

Гумова подушка ефективно поглинає дрібні удари та вібрації, які виникають при русі автомобіля по нерівностях дороги. Вона знижує передачу жорстких імпульсів від ресори на балку моста й раму, що особливо важливо для збереження цілісності кузова та комфорту водія і пасажирів. Це також сприяє зменшенню загального рівня шуму в кабіні.

При зміні температури або під час інтенсивних навантажень гумова проставка дозволяє ресорі трохи зміщуватися та деформуватися без виникнення зайвих напружень і перекосів у конструкції. Це захищає металеві деталі від передчасного зносу, появи тріщин або поломок. Крім цього проставка зменшує контакт металу з металом між ресорою та опорними

поверхнями рами. Завдяки цьому знижується зношування самих ресор, болтів і пластин, а також сповільнюється поява корозії.

В окремих випадках гумові подушки застосовують для вирівнювання положення ресори, компенсації виробничих допусків або невеликих деформацій у кріпленнях.

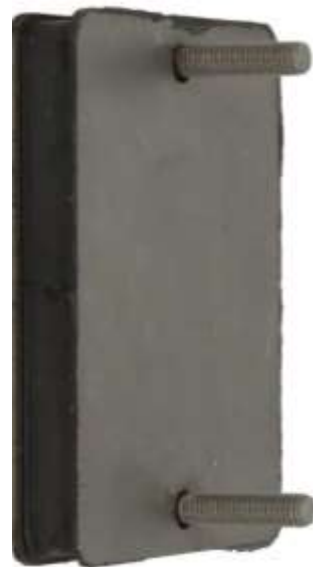


Рисунок 3.2 – Застосування гумових проставок задніх ресор

На рисунку 3.3 наведено типовий приклад осцилограми, яка була зафіксована в процесі експериментального дослідження коливань задньої ресорної підвіски вантажного автомобіля DAF XF 95. Для повноти сприйняття і правильного співставлення із об'єктом дослідження, на рисунку

3.1 показано зовнішній вигляд задньої підвіски даного автомобіля, що дозволяє ідентифікувати її основні елементи та особливості конструкції.

В ході руху автомобіля проводилося порівняння двох типів ресор: стандартних (серійних) і ресор із застосуванням проставок. Осцилограми, отримані під час цих випробувань, подані відповідно на рисунках 3.3 та 3.4. Таке експериментальне дослідження дає змогу чітко простежити відмінності у поведінці підвіски залежно від типу встановлених ресор – зокрема, оцінити характер і амплітуду коливань кузова автомобіля, а також ступінь зміщення динамічної нейтралі. Це дозволяє отримати об'єктивні дані про вплив зниженої жорсткості кріплення ресор на загальний комфорт та ефективність гасіння коливань при русі по нерівних дорогах [16] [23], [24].

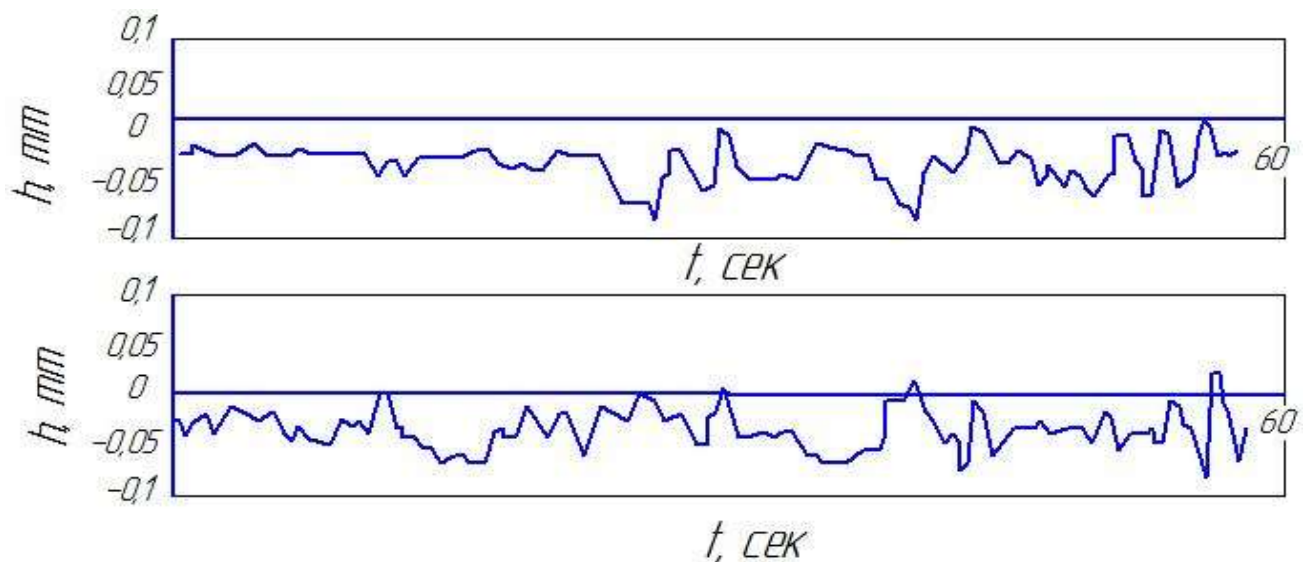


Рисунок 3.3 - Експериментальні вимірювання роботи стандартного кріплення ресорної підвіски вантажного автомобіля DAF XF 95

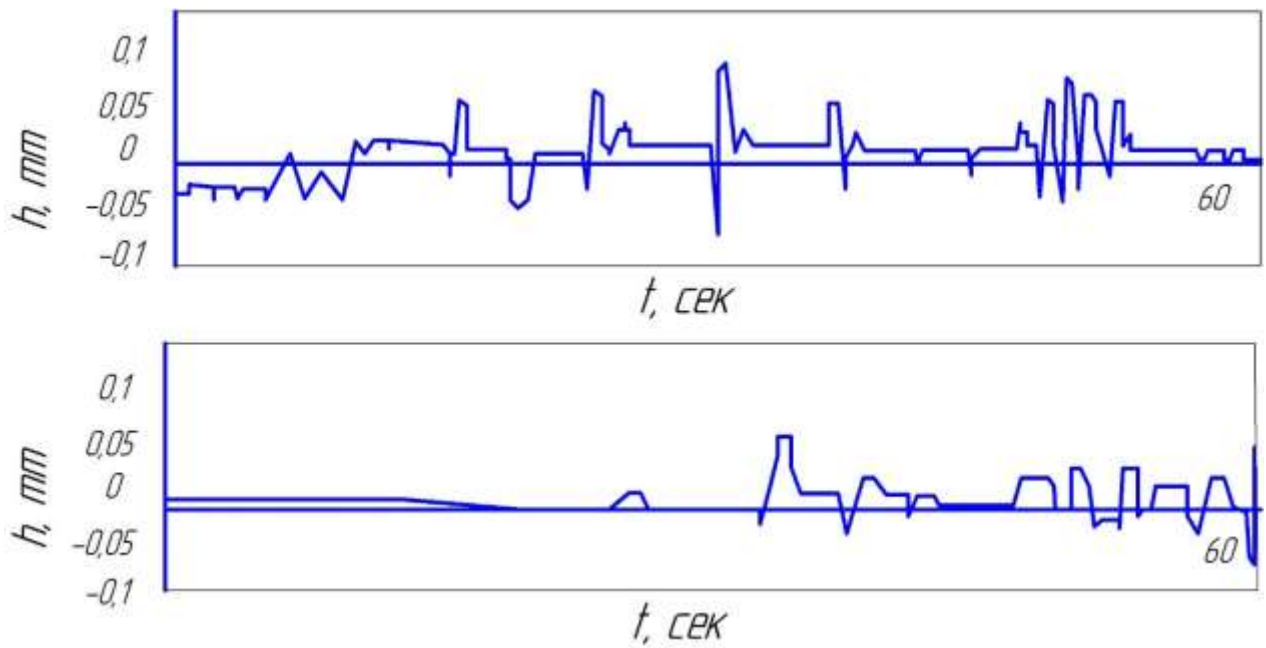


Рисунок 3.4 - Експериментальні вимірювання роботи стандартного кріплення ресорної підвіски вантажного автомобіля DAF XF 95

На цьому рисунку представлена осцилограма, яка була отримана під час експериментальних вимірювань роботи стандартної ресорної підвіски вантажного автомобіля DAF XF 95. Графік відображає зміну амплітуди коливань кузова у відповідь на проходження нерівностей дорожнього покриття при реальній експлуатації автомобіля.

Аналіз цієї осцилограми свідчить, що під час руху з серійними кронштейнами кріплення ресорам підвіска демонструє характерну динаміку: після проходження кожної нерівності амплітуда коливань кузова поступово затухає, але в деяких випадках можуть спостерігатися значні залишкові коливання, що впливають на комфорт і керованість транспортного засобу. Також видно, що положення динамічної нейтралі зміщується вниз порівняно зі статичним рівнем, тобто кузов автомобіля частіше перебуває у нижчому положенні під час руху, особливо під навантаженням.

Вказаний приклад наочно демонструє, як поведінка підвіски з класичними серійними ресорами може призводити до відчутних вібрацій, що передаються на кузов, а отже – й на водія та вантаж. Цей ефект

особливо помітний при русі по нерівних або ґрунтових дорогах, коли стандартна підвіска не завжди забезпечує належний рівень гасіння коливань [3] [16], [23].

Висновки за розділом

1. Експериментальні вимірювання коливань кузова вантажного автомобіля за допомогою сучасного багатоканального віброметра підтвердили достовірність і відповідність теоретичних розрахунків реальній роботі ресорної підвіски.

2. Застосування гумових проставок під кронштейни ресор помітно знижує рівень вібрацій, що передаються на кузов автомобіля та зменшує амплітуду коливань при русі по нерівних дорогах.

3. Застосування гумових подушок дозволяє ефективніше гасити удари, знижувати шум у салоні, зменшувати передачу жорстких імпульсів і тим самим підвищувати комфорт для водія та пасажирів. Додатково це зменшує зношення металевих елементів підвіски та знижує ризик виникнення пошкоджень і корозії.

4. Порівняння осцилограм показало, що застосування удосконаленої ресорної підвіски дозволяє утримувати динамічну нейтраль у більш вигідному положенні, покращуючи стійкість і зменшуючи амплітуду коливань кузова під час експлуатації.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАНИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАИСТ НАСЕЛЕННЯ

4.1. Огляд небезпечних і шкідливих виробничих чинників

На рисунку 4.1 приведена схема небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

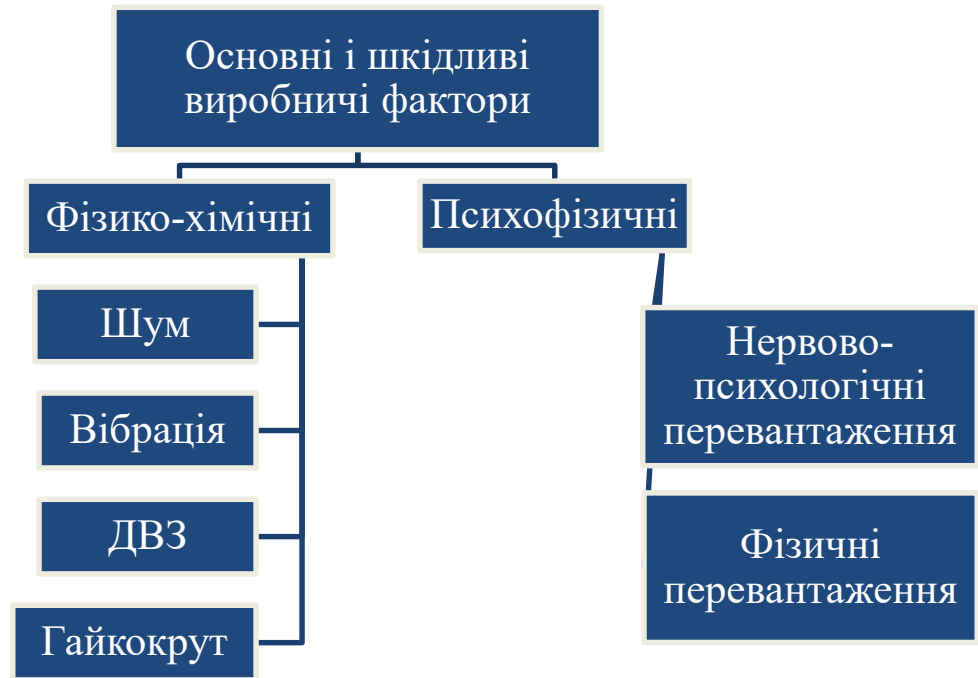


Рисунок 4.1 - Схема небезпечних і шкідливих виробничих чинників

У зоні ТО і ПР важкі умови праці, які чинять на здоров'я людини шкідливу дію. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники в зоні ТО і ПР приведені в таблиці 4.1 [5], [18].

Таблиця 4.1 - Небезпечні і шкідливі виробничі чинники

№ п\п	Найменування НШВЧ	Джерело НШВЧ
I.	Фізичні:	
	Рухомі машини і механізми	Підйомник, рухомі автомобілі
	Підвищена загазованість повітря	Працюючі двигуни автомобілів
	Рухомі частини виробничого обладнання	Підйомник канава, кран підвісний

	Підвищений рівень шуму	Працюючі двигуни автомобілів, гайкокрут
	Підвищений рівень вібрації	Гайкокрут
	Підвищена напруга електричного ланцюга	Усі електроприлади, електропроводка
II.	Хімічні:	
	Загальнотоксичні речовини (свинець, окис вуглецю)	Працюючі двигуни автомобілів
	Дратівливі речовини (оксиди азоту)	
	Канцерогенні речовини (3,4-бензапирен)	
	Мутагенні речовини (свинець)	
	Речовини, що впливають на репродуктивну функцію (свинець)	
III.	Психофізіологічні:	
	Фізичні (статичні) перевантаження	Знаходження в одному положенні при демонтажі вузлів і механізмів
	Перенапруження слухових аналізаторів	Шум працюючого двигуна

Дія небезпечних і шкідливих виробничих чинників на тих, що працюють:

- рухомі машини і механізми. Створюють небезпеку затискання робітника, нанесення йому механічних ушкоджень, травм, каліцтв;
- підвищена загазованість повітря. Викликає отруєння організму, роздратування слизової оболонки очей, верхніх дихальних шляхів. Може викликати захворювання легенів (фіброгенна дія);
- рухомі частини виробничого обладнання. Створюють небезпеку отримання серйозних травм, каліцтв, затискання робітника, нанесення йому механічних пошкоджень;

- підвищений рівень шуму. Чинить вплив на серцево-судинну систему, органи слуху, можливе виникнення явища резонансу внутрішніх органів. Викликає стомлюваність, іноді часткову втрату слуху [18], [22].

- підвищений рівень вібрації. Це явище може викликати віброхворобу (головні болі, безсоння, запаморочення, деформація і збільшення рухливості суглобів і так далі). Можливе виникнення явища резонансу внутрішніх органів. Погіршується вестибулярний апарат, з'являються запаморочення, нудота, блювота;

- підвищена напруга електричного ланцюга. При проходженні через людину електричний струм робить наступні дії:

1. Термічні: опіки, нагрів судин, тканин, нервів і так далі;
2. Електролітичні: розкладання крові і плазми;
3. Біологічні: збудження живих тканин організму, судоми дихання і кровообігу.

- загальнотоксичні речовини. Створюють небезпеку отруєння всього організму;

- дратівливі речовини. Викликають роздратування слизової оболонки, оболонок дихального тракту;

- канцерогенні речовини. Створюють небезпеку виникнення ракових захворювань;

- мутагенні речовини. Впливають на зміну спадкової інформації;

- речовини, що впливають на репродуктивну функцію. Чинять небезпечний вплив на репродуктивну функцію;

- фізичні (статичні) перевантаження. Викликають швидке стомлення, загальну втому;

- перенапруження слухових аналізаторів. Чинить вплив на органи слуху, можливе виникнення явища резонансу внутрішніх органів. Викликає стомлюваність, іноді часткову втрату слуху.

4.2. Заходи з покращення пожежної безпеки підприємств

Пожежна безпека підприємств забезпечується шляхом проведення організаційно-технічних та інших заходів з попередження пожеж, забезпечення безпеки людей, зниження можливих матеріальних збитків, зменшення негативних екологічних наслідків, створення умов для швидкого виклику пожежних підрозділів та успішного гасіння пожеж, а також евакуації з зони виникнення та можливого розповсюдження пожежі людей, документів і матеріальних цінностей.

Особовий склад всіх караулів пожежних частин і підрозділів, які прибувають для гасіння пожежі, не рідше одного разу на рік повинен проходити спеціальний інструктаж з особливостей експлуатації енергетичних установок та техніки безпеки при пожежах.

Інструктаж проводиться інженерно-технічним персоналом об'єкта за узгодженою програмою.

Енергетичні об'єкти виготовляють в необхідній кількості пристосування для заземлення пожежних стволів, піногенераторів і насосів пожежних машин з гнучкого мідного голого проводу перерізом не менше 25 мм², які забезпечуються спеціальними струбцинами для з'єднання з заземленими конструкціями (гідрантами водогінної мережі, металевими опорами повітряних ліній електропередач, обсадними трубами артезіанських свердловин тощо).

Місця приєднання до заземлених конструкцій визначаються спеціалістами енергетичних об'єктів спільно з представниками гарнізону пожежної охорони, позначаються знаком заземлення та вносяться до графічної частини плану пожежогасіння.

Для забезпечення безпеки персоналу та пожежників, які беруть участь у гасінні пожежі електроустановок під напругою, застосовуються індивідуальні ізолюючі електрозахисні засоби (діелектричні рукавиці, боти).

Кількість заземлень та індивідуальних ізолюючих захисних засобів і місця їх зберігання визначаються керівниками енергетичних об'єктів з розрахунку подачі вогнегасних засобів на електроустановки, які знаходяться під напругою.

Випробування електрозахисних засобів виконується енергетичним об'єктом в установленому порядку.

Забороняється використання заземлюючих пристосувань і електрозахисних засобів для інших цілей, крім випадків пожеж або проведення спільних з пожежними підрозділами ДПО тренувань (навчань) на об'єкті.

При виникненні пожежі на енергетичному об'єкті особа, яка першою виявила займання, зобов'язана негайно повідомити начальника зміни електростанції (диспетчера або чергового підстанції, підприємства електромереж), старшого зміни та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння, дотримуючись при цьому правил техніки безпеки.

Начальник зміни електростанції (диспетчер підстанції або підприємства електромережі) під час гасіння пожежі повинен забезпечити посилення охорони території об'єкта і не допускати до місця пожежі сторонніх осіб.

Старший у зміні особисто або за допомогою чергового персоналу зобов'язаний визначити місце осередку пожежі, можливі шляхи її поширення, загрозу діючому електрообладнанню, яке опинилося в зоні пожежі, можливість виникнення нових осередків горіння на іншому електрообладнанні, а також до прибуття пожежних підрозділів виконати такі роботи:

- особисто або з допомогою чергового персоналу перевірити ввімкнення автоматичної установки пожежогасіння (при її наявності), а у випадку відмови задіяти її в ручному режимі;

- вжити заходів із створення безпечних умов для персоналу і пожежних підрозділів для ліквідації пожежі;
- провести можливі операції на технологічних установках (вимкнення або перемикання на обладнанні, витіснення водню з генератора, зняття напруги з електроустановок, зливання мастила з мастилобаків турбогенераторів тощо);
- приступити до гасіння пожежі силами та засобами енергетичного об'єкта;
- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає місця заземлення технічних засобів і розташування під'їзних шляхів та вододжерел;
- при необхідності вжити заходів для охолодження водою металевих ферм, колон будівлі за допомогою пожежних кранів або стаціонарно встановлених лафетних пожежних стволів з урахуванням дотримання заходів техніки безпеки;
- проінформувати керівника гасіння пожежі (КГП) про безпечні маршрути руху пожежних на бойові позиції.

Вимкнення або перемикання приєднань в зоні пожежі може проводитись за карткою пожежогасіння начальником зміни станції (диспетчером або черговим підстанції, підприємства електромережі) або за його розпорядженням черговим персоналом, з наступним повідомленням вищого оперативного керівництва (диспетчера енергосистеми) після закінчення операції вимкнення.

Старший начальник ДПО, який прибув на місце пожежі, зобов'язаний негайно зв'язатися зі старшим зміни енергетичного об'єкта, отримати від нього дані про обставини пожежі і письмовий допуск на проведення гасіння.

Зі старшого начальника енергетичного об'єкта або ДПО, які не взяли на себе керівництво гасінням пожежі, не знімається відповідальність за організацію гасіння пожежі. Пожежні підрозділи розпочинають гасіння

пожежі на електроустановках після інструктажу старшим з присутніх технічних працівників або ОВБ.

Під час гасіння пожежі робота пожежних підрозділів (розміщення сил і засобів пожежогасіння, зміна позицій, перехід від одних засобів пожежогасіння до інших тощо) проводиться з урахуванням вказівок старшої особи з присутніх інженерно-технічних працівників енергетичного об'єкта або ОВБ.

В свою чергу, старший з присутніх інженерно-технічних працівників або ОВБ погоджує з КГП свою роботу і розпорядження, а також інформує під час гасіння пожежі про зміни в стані роботи електроустановок та іншого обладнання.

Займання в електроустановках під напругою ліквідуються персоналом енергетичного об'єкта за допомогою ручних і пересувних вогнегасників.

Гасіння пожежі ручними засобами в дуже задимлених приміщеннях енергетичних об'єктів (з видимістю до 10 метрів), з проникненням в них без зняття напруги з електроустановок і кабельних ліній не допускається.

Під час гасіння пожежі компактними та розпиленими струменями без зняття напруги з електроустановок ствол повинен бути заземлений, а ствольник має працювати в діелектричних ботах, діелектричних рукавицях і знаходитись на відстані від вогнища пожежі не меншій ніж 4–10 м залежно від рівня напруги.

Гасіння пожежі в приміщеннях з електроустановками під напругою всіма видами піни, а також водою зі змочувачами за допомогою ручних засобів забороняється.

Особовому складу пожежних підрозділів категорично забороняється проводити будь-які переключення та інші операції з електротехнічним обладнанням на електростанції та підстанції.

Заходити до розподільчих улаштування та інших приміщень електротехнічних улаштувань з метою гасіння пожежі особовий склад

пожежних підрозділів має право лише після одержання допуску та інструктажу персоналу, який обслуговує цей пристрій.

Основою безпечного гасіння пожежі електроустановок під напругою є суворе дотримання організаційно-технічних заходів, а також усвідомлена дисципліна пожежників, які зобов'язані суворо виконувати всі заходи із забезпечення безпеки гасіння.

Гасіння пожежі електроустановки під напругою КГП має право розпочати тільки після одержання відповідного письмового допуску та інструктажу персоналом, який обслуговує цю установку.

Гасіння пожежі електроустановок під напругою здійснюється за виконання таких обов'язкових умов:

- не допускається наближення пожежних до струмопровідних частин електроустановок на відстань менше 4 метрів;
- маршрути руху пожежних на бойові позиції КГП повинен погоджувати з черговим персоналом енергооб'єкта і конкретно вказувати кожному пожежнику під час інструктажу;
- пожежні і водії пожежних автомобілів, які забезпечують подачу вогнегасних речовин, повинні працювати в діелектричних рукавицях і взутті;
- подавання вогнегасних речовин необхідно проводити після заземлення ручних пожежних стволів і пожежних автомобілів;
- перестановку сил і засобів, зміну бойових позицій тощо КГП повинен виконувати після узгодження зі старшою посадовою особою з присутнього інженерно-технічного персоналу енергетичного об'єкта.

4.3. Визначення параметрів електрозаземлення обладнання ремонтної дільниці

Допустимий опір заземляючого пристрою - $R_d = 4 \text{ Ом}$.

Питомий опір ґрунту (чорнозем) - $\rho = 30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Схему опору розтіканню струму з одного заземлювача показано на рис. 4.2 [5].

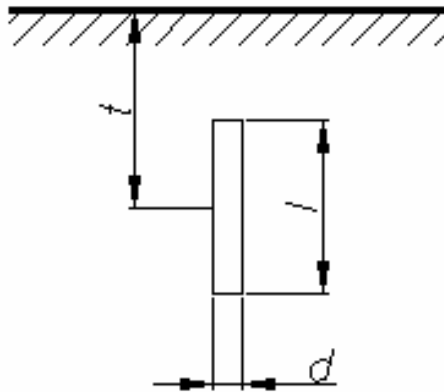


Рисунок 4.2 - Опір розтіканню струму з одного заземлювача

Дано: $t = 1,6$ м; $l = 1,2$ м; $d = 0,06$ м;

$$R_1 = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{30}{2 \cdot \pi \cdot 1,2} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1,2}{0,06} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 1,2}{4 \cdot 1,6 - 1,2} \right) = 15,3 \quad (4.1)$$

$R_1 = 15,3$ Ом.

Необхідна кількість заземлювачів n , шт.:

$$n = R_1 / R_{\text{д}} = 15,3 / 4 = 3,83 \approx 4 \quad (4.2)$$

Довжина горизонтального електроду l , м, при довжині 1,2 м:

$$l = 1,05 \cdot m \cdot n, \quad (4.3)$$

$$l = 1,05 \cdot 1,2 \cdot 4 = 5,04 \text{ (м)}.$$

Опір розтіканню струму горизонтального електроду представлений на рисунку 4.3.

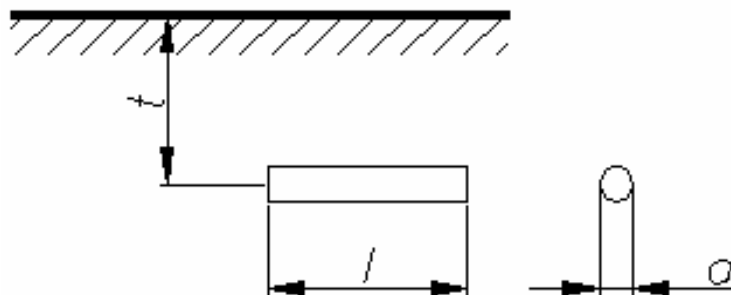


Рисунок 4.3 - Опір розтіканню струму горизонтального електроду

Дано: $t = 1$ м; $l = 5,04$ м; $d = 0,5$ м;

$$R_I = \frac{R_I \cdot R_\Gamma}{R_I \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot n \cdot \eta_E} = \frac{15,3 \cdot 3,72}{15,3 \cdot 0,45 + 3,72 \cdot 4 \cdot 0,69} = 3,32 \text{ (Ом)} \quad (4.4)$$

$R_I = 3,32$ Ом;

$$R_\Gamma = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{l^2}{d \cdot t} \right) = \frac{30}{2 \cdot \pi \cdot 5,04} \cdot \left(\ln \frac{5,04^2}{0,5 \cdot 1} \right) = 3,72 \text{ (Ом)} \quad (4.5)$$

$R_\Gamma = 3,72$ Ом.

$\eta_E = 0,69$; $\eta_\Gamma = 0,45$.

$R_I < R_\Gamma$.

4.4. Захист підприємств в умовах воєнних ризиків

Однією з основних завдань цивільної оборони є підвищення стійкості роботи об'єктів економіки у воєнний час. Для цього на кожному об'єкті завчасно організовується і проводиться великий обсяг робіт, спрямованих на підвищення стійкості його роботи в умовах застосування зброї масового ураження. До них відносяться інженерно-технічні, технологічні й організаційні заходи.

Інженерно-технічними заходами забезпечується підвищення стійкості промислових будівель, споруд, обладнання та комунікацій підприємства до впливу вражаючих факторів.

Технологічними заходами здійснюється підвищення стійкості шляхом зміни технологічного режиму, що виключає можливість виникнення вторинних уражаючих факторів, викликаних впливом різного виду зброї.

Організаційними заходами передбачається завчасна розробка і планування дій особового складу штабу, служб і формувань ЦО об'єкта в умовах застосування противником зброї масового ураження.

З усього комплексу заходів, що підвищують стійку роботу об'єктів машинобудівного профілю у воєнний час, особливо важливе значення має проведення інженерно-технічних заходів.

До таких заходів належать:

- забезпечення захисту робітників і службовців від зброї масового ураження;
- підвищення стійкості управління ДО об'єкта;
- захист устаткування;
- підвищення стійкості постачання електроенергією, газом, паром, водою і роботою мереж комунального господарства;
- захист об'єктів від пожеж та інших вторинних факторів ураження;
- підвищення стійкості матеріально-технічного постачання;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

На підприємствах завжди є ризик виникнення різноманітних аварій. Причинами їх можуть бути порушення технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин і механізмів, а також стихійні лиха. В результаті цього багато людей можуть опинитися в завалах, пошкоджених та палаючих виробничих приміщеннях, завалених захисних спорудах та інших непередбачених ситуаціях. У зв'язку із цим буде потрібне проведення рятувальних робіт та надання допомоги ураженим, локалізації аварії та усунення пошкоджень.

Рятувальні роботи з метою врятування людей і надання їм допомоги включають: розвідку району лиха і осередку ураження, маршруту висування формувань та проведення робіт; локалізацію і ліквідацію пожеж на шляху введення рятувальних формувань і об'єктах рятувальних робіт (розшуку і рятування людей, які знаходяться в завалених сховищах, підвалах, завалах, палаючих, задимлених або затоплених виробничих приміщеннях), розкриття розвалених, пошкоджених, завалених захисних споруд і рятування людей, які знаходяться в них; надання першої медичної допомоги потерпілим; винесення потерпілих і евакуація з небезпечних зон у безпечний район.

Одночасно або перед рятувальними роботами необхідно виконати інші невідкладні аварійні роботи. Наприклад, для того щоб підвезти людей і

техніку, необхідно розчистити завалені проїзди, навести переправи, подати воду для гасіння пожеж тощо.

За організацію і проведення рятувальних та інших невідкладних робіт відповідає керівник ЦО машинобудівного підприємства. Він особисто керує підпорядкованими формуваннями через служби ЦО.

Безпосередньо на місці проведення рятувальних робіт особовим складом керує командир формування. Він стежить за ходом роботи, за встановленим режимом роботи, за зміною обстановки, проведенням перегрупування чи перестановки сили і засобів на місці роботи, контролює суворе дотримання заходів захисту і безпеки особового складу.

Для ведення рятувальних та інших невідкладних робіт рішенням керівника ЦО створюються угруповання ЦО. Склад угруповання визначається з врахуванням сил і засобів, характеру й обсягу робіт, які треба виконати.

Рятувальні й невідкладні роботи неможливо провести в короткі строки без використання техніки. Для цього можна залучити різну техніку, яка є на машинобудівному підприємстві. Наявну техніку залежно від виду робіт можна розділити на групи: екскаватори, трактори, бульдозери, крани, самоскиди, домкрати, лебідки – для розчищення завалів, піднімання і переміщення вантажів, конструкції будівель і споруд; пневматичні машини – відбійні молотки, бурильні інструменти для подрібнення завалених конструкцій будівель, пробивання отворів, з метою надання повітря або виведення потерпілих; бензорізи, електро- і газозварювальні апарати для розрізання металевих конструкцій; вантажні автомобілі, інші транспортні засоби – для евакуації потерпілих із небезпечної зони.

Види і обсяги рятувальних та інших невідкладних робіт і способи їх ведення у районах виробничої аварії залежать від характеру руйнувань, обставин, що склалися, і реальних можливостей їх використання.

Насамперед потрібно організувати розвідку району лиха ланками розвідувальної групи, щоб у коротші строки з'ясувати характер і межі руйнування та пожеж, уражених людей та їх стан, можливі шляхи введення

рятувальних формувань з технікою і евакуації потерпілих з небезпечної зони. За даними цієї розвідки необхідно чітко визначити першочергові роботи, їх обсяг, необхідні сили і засоби.

Інженерна розвідка повинна визначити завалені захисні споруди, виробничі приміщення, де знаходяться люди, характер руйнувань, черговість і обсяг невідкладних робіт, потреб у людях і технічних засобах, шляхи під'їзду техніки до місць роботи.

Висуваючи сили і засоби для проведення робіт, необхідно перш за все влаштувати проїзди і проходи до об'єктів проведення робіт. Для цього застосовують бульдозери, автокрани, грейдери. Ширина проїздів має бути 3,5...4,0 м для одностороннього і 7,0...8,0 м для двостороннього руху, через 150...200 м мають бути роз'їзди довжиною 10,0...20,0 м.

В організації і веденні рятувальних робіт особливе значення мають пошуки потерпілих. Необхідно встановити, де і в яких умовах вони перебувають. Потрібно ретельно обстежити завали, підвальні приміщення, виробничі приміщення підприємства.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Розрахунок вартості технічного обслуговування автомобілів

Фонд заробітної плати працівників, залучених до обслуговування ресорної підвіски становить [22], [30]:

$$\Phi ЗП = \left[\sum_{i=1}^m P_{від(i)} \times N_p + П + З_{год} \times R_d \times \Phi_{др} \times (1 + K_{пр}) \right] \times K_d, \quad (5.1)$$

де $P_{від}$ – відрядна розцінка по операціях техпроцесу;

N_p – кількість об'єктів ремонту;

$З_{год(д)}$ – тарифна ставка допоміжних робітників (грн./год);

R_d – кількість допоміжних робітників;

$\Phi_{др}$ – дійсний фонд робочого часу (годин);

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує премії допоміжним робітникам;

K_d – коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,1; 1,3).

$$P_{від(i)} = \frac{З_{год(i)} \times T_{н(i)} \times K_y \times K_{(ін)}}{60}, \quad (5.1)$$

де $З_{год(i)}$ – погодинна тарифна ставка відповідного розряду основного робітника на i -ой операції;

$T_{н(i)}$ – норма часу на ТО одного автомобіля;

K_y – коефіцієнт, що враховує інтенсивність праці.

Норма часу на ТО одного автомобіля складає:

Основна заробітна плата [8], [13]:

$$З_0 = T_{заг} \cdot З_{год} = 3742 \cdot 10,06 = 376440,52 \text{ грн.};$$

Додаткова заробітна плата нараховується в розмірі 30 % від суми основної з/плати.

$$З_d = 0,3 \cdot З_0 = 0,3 \cdot 376440,52 = 112930,36 \text{ грн.}$$

Таким чином фонд заробітної плати складає:

$$\Phi ЗП = З_o + З_d = 376440,52 + 112930,36 = 489370,88 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата:

$$З_{міс} = \Phi ЗП / (12 \cdot 1) = 15380,8 / 12 = 12810,7 \text{ грн.}$$

Розрахунок капітальних вкладень при проектуванні ділянки.

Капітальні вкладення в будівлі і споруди:

$$К_{діль} = П_d \cdot Ц_{буд} = 108 \cdot 1050 = 113400 \text{ грн.}$$

де $П_d$ – площа ділянки;

$Ц_{буд}$ – ціна 1 кв.м;

Капітальні вкладення в обладнання і пристосування:

$$К_{обл} = П_d \cdot Ц_{пит},$$

де $Ц_{пит}$ – питомі вкладення в обладнання на 1 кв. м

$$К_{обл} = 108 \cdot 950 = 102600 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в інструмент складають:

$$К_{ін} = К_{обл} \cdot 0,04 = 102600 \cdot 0,04 = 4104 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в транспорт складають:

$$К_{тр} = К_{обл} \cdot 0,07 = 102600 \cdot 0,07 = 7182 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування будівель:

$$А_{буд} = 0,05 \cdot 113400 = 5670 \text{ грн}$$

Обладнання:

$$А_{обл} = (Н_a \cdot К_{обл}) / 100 = (15 \cdot 102600 / 100) = 15390 \text{ грн.}$$

Транспортних засобів і інструментів:

$$А_{тр.зас} = (25 \cdot (К_{тр} + К_{ін})) / 100 = (25 / 100) \cdot (7182 + 4104) = 2821,5 \text{ грн.}$$

Всього амортизація:

$$\Sigma A_{(i)} = А_{обл} + А_{буд} + А_{тр.зас} = 5670 + 15390 + 2821,5 = 23881,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на допоміжні матеріали для ремонту:

$$M_o = H_{\text{пит}} \cdot N_p,$$

Питома вага на одиницю продукції:

$$H_{\text{пит}} = 2,5 \text{ ФЗП} = 2,5/100 \cdot 15380,8 = 384,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на енергоносії:

Витрати на електроенергію:

$$З_{\text{ел.}} = W_{\text{ел.}} \cdot Ц_{\text{ел.}} = 27382,2 \cdot 0,95 = 28751,3 \text{ грн.}$$

Витрати на пар:

$$З_{\text{пар}} = Q_{\text{пар}} \cdot Ц_{\text{пар}} = 86,4 \cdot 9,25 = 7992 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо:

$$З_{\text{пал}} = Q_{\text{пал}} \cdot Ц_{\text{пал}} = 8,88 \cdot 870 = 7725,6 \text{ грн.}$$

Витрати на воду:

$$З_{\text{в}} = 5,02 \cdot 7,416 = 37,2 \text{ грн.}$$

Таким чином витрати на енергоносії складають:

$$\Sigma З_{\text{ен}} = З_{\text{ел.}} + З_{\text{пал.}} + З_{\text{пар}} = 28751,3 + 7992 + 7725,6 + 37,2 = 44506,8 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості ТО автомобілів.

$$C_{\text{рем}} = ЗП + B_{\text{idr}} + M + A + З_{\text{ен}} + H_{\text{акл.}},$$

де ЗП – заробітна плата основна і додаткова 489370,88 грн;

B_{idr} – відрахування до фондів соціального страхування.

$$B_{\text{idr}} = \Phi_{\text{пен}} + \Phi_{\text{зайн}} + \Phi_{\text{соц.стр}}$$

де $\Phi_{\text{пен}}$ – відрахування до пенсійного фонду:

$$\Phi_{\text{пен}} = (K_{\text{п}} \cdot З_{\text{п}})/100 = (3,2/100) \cdot 489370,88 = 15659 \text{ грн.}$$

$\Phi_{\text{соц.стр}}$ – відрахування фонду соціального страхування:

$$\Phi_{\text{соц.стр}} = (K_{\text{соц.стр}} \cdot З_{\text{п}})/100 = (2,9/100) \cdot 489370,88 = 14191 \text{ грн.}$$

$\Phi_{\text{зайн}}$ – відрахування фонду страхування від безробіття:

$$\Phi_{\text{зайн}} = (K_{\text{зайн}} \cdot Z_{\text{п}}) / 100 = (2,1 / 100) \cdot 489370,88 = 10276,77 \text{ грн.}$$

$K_{(i)}$ – % відрахувань.

Разом відрахування :

$$B_{\text{idr}} = 15659 + 14191 + 10276,77 = 40126,77 \text{ грн.}$$

Накладні витрати [20], [29]:

$$H_{\text{акл}} = (K_{\text{п}} \cdot Z_{\text{п}}) / 100 = (130 \cdot 489370,88) / 100 = 63619,24 \text{ грн.}$$

Собівартість робіт на дільниці:

$$C_{\text{п}} = 489370,88 + 23881,5 + 1223,4 + 44506,1 + 18694,3 + 63619,24 = 647295,42 \text{ грн.}$$

Собівартість ТО одного автобуса:

$$C_{\text{п}} = 647295,42 / 150 = 4275,3 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники роботи дільниці ремонту ходової частини

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
Річний об'єм робіт	люд-год	3742
Чисельність робітників	чол	2
Фонд заробітної плати	грн	489370,88
Середньомісячна заробітна плата	грн	20390,1
Собівартість одного ТО автомобіля	грн	4315,3
Затрати на основні та допоміжні матеріали	грн	1223,4
Витрати на енергоресурси	грн	44506,1
Капітальні вкладення	грн	102600

У розділі наведено показники розрахунку техніко-економічних характеристик процесу обслуговування підвіски вантажних автомобілів. Зокрема, встановлено, що собівартість одного ТО вантажного автомобіля становить 4315,3 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Підвіска вантажного автомобіля є ключовим елементом, що забезпечує безпечну експлуатацію, комфорт руху та ефективне перевезення вантажів у різних дорожніх умовах. Основні типи підвісок – залежні, незалежні, пневматичні, балансирні, торсіонні та гідропневматичні – мають свої конструктивні особливості, що визначають їхню сферу застосування.

2. Ресорна підвіска залишається найбільш поширеною для важких вантажівок завдяки простоті, міцності та високій вантажопідйомності. Зменшення вібрацій у ресорних підвісках досягається комплексом технічних заходів: удосконаленням способу кріплення ресор, застосуванням прогресивних (параболічних) ресор, використанням еластомерних втулок, сучасних амортизаторів, буферів та гідроеластичних опор.

3. Технічне обслуговування (регулярний огляд і заміна зношених елементів) має вирішальне значення для підтримання ефективної роботи підвіски та мінімізації вібрацій.

4. У другому розділі проведено комплексний аналіз динаміки багатолистової ресорної підвіски вантажного автомобіля з урахуванням особливостей її кріплення, впливу основних параметрів на поведінку системи під час навантаження та розвантаження, а також оцінки вібронавантаження в реальних умовах експлуатації.

2. Встановлено, що початковий кут установки і довжина підвіски суттєво впливають на жорсткість, демпфуючі властивості та енергетичні втрати ресорної підвіски.

3. Параметри підресореної та непідресореної маси, вибір жорсткості та кінематичні особливості підвіски визначають динамічну поведінку автомобіля, впливають на стійкість, комфорт, тягово-швидкісні характеристики і довговічність експлуатації.

4. Експериментальні вимірювання коливань кузова вантажного автомобіля за допомогою сучасного багатоканального віброметра

підтвердили достовірність і відповідність теоретичних розрахунків реальній роботі ресорної підвіски.

5. Застосування гумових проставок під кронштейни ресор помітно знижує рівень вібрацій, що передаються на кузов автомобіля та зменшує амплітуду коливань при русі по нерівних дорогах.

6. Застосування гумових подушок дозволяє ефективніше гасити удари, знижувати шум у салоні, зменшувати передачу жорстких імпульсів і тим самим підвищувати комфорт для водія та пасажирів. Додатково це зменшує зношення металевих елементів підвіски та знижує ризик виникнення пошкоджень і корозії.

7. Порівняння осцилограм показало, що застосування удосконаленої ресорної підвіски дозволяє утримувати динамічну нейтраль у більш вигідному положенні, покращуючи стійкість і зменшуючи амплітуду коливань кузова під час експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ISO 8608 ; Механічна вібрація. Профілі дорожнього покриття. Звітування вимірюваних даних. ISO: Женева, Швейцарія, 2016 р.
2. Автомобіль: Теорія колісного рушія: Навчальний посібник. Гащук П.М. Київ: Кондор, 2018. 328 с.
3. Автомобільні двигуни: підручник. Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, Ф. Ф. Тимченко. Київ: Арістей, 2004. 476 с.
4. Башинський, А. Л. Альтернативний підхід до оцінки поперечної стійкості автомобіля. А. Л. Башинський, С. А. Осташевський. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2015. Вып. 71. С. 151–155.
5. Безпека життєдіяльності: підруч. для студ. с.-г. вузів. І. П. Пістун [та ін.]. Львів : Світ, 1995. 288 с.
6. Боровських Ю.І., Буралев Ю.В. Морозов К.А. Будова автомобіля: Вища школа, 1991. 303 с.
7. Босняк М.Г. Вантажні автомобільні перевезення: навчальний посібник для студентів спеціальності. Київ: Видавничий Дім "Слово", 2010. 408 с.
8. Боярко І. М. Інвестиційний аналіз: [навч. посіб.] / І. М Боярко, Л. Л. Гриценко. Київ: Центр учбової літератури, 2011. 400 с.
9. Вільковський Є. К., Кельман І.І., Бакуліч О.О. Вантажознавство. 2-е вид., перероб. і допов. Львів: Інтелект-Захід, 2007. 495 с.
10. Волков В. П., Вільський Г.Б. .Теорія руху автомобіля: підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
11. ДСТУ 2947-94 Автотранспортні засоби. Підвіски автомобілів. Терміни та визначення.
12. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного схвалення типу транспортних засобів категорій М N та O стосовно гальмування: Правила ЄЕК ООН № 13. [Чинні від 14.01.2008]. Женева: Європейська Економічна Комісія Організації Об'єднаних націй, 2008. 276 с.

13. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень. Практикум : [навч. посіб.] / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа Вінниця : ВНТУ, 2013. 113 с.
14. Канарчук В.Є. Надійність машин: Підручник. / В.Є. Канарчук, С.К. Полянський, М.М. Дмитрієв. Київ: Либідь, 2003. 424 с.
15. Кисляков В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів. В.Ф. Кисляков, В.В.Лущик. Київ: Либідь, 2000. 399 с.
16. Крайник Л.В. Назаркевич С.М. Формування нормативної оцінки плавності руху автобусів. *Вісник Донецької академії автомоб. транспорту*. 2009. № 3. С. 19 – 22.
17. Макаров В. А. Наукові основи поліпшення курсової стійкості рху легкового автомобіля : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.22.02 – автомобілі та трактори / В. А. Макаров. К., 2011. 38 с.
18. Методичні рекомендації з питань безпеки автомобільних перевезень від 19.09.2003. К.: Державний Департамент автомобільного транспорту, 2003. №11. 23 с.
19. Міляєв Ю. П. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. / Ю. П. Міляєв, О. М. Нечипоренко. – К.: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. – 246 с.
20. Олег Сукач, Олег Миронюк, Віктор Шевчук. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційної роботи здобувачами першого бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Дубляни, 2023. 50 с.
21. Основенко М. Ю., Сахно В. П. Автомобілі: Навч. посібник. Київ: НМК ВО, 1992. 344 с.
22. Основи економіки транспорту : підручник / Щелкунов В. І., Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.
23. Подригало М. А., Бобошко А. А. Клец Д. М. Динамічна стабілізація курсового кута автомобіля при гальмуванні засобом повороту керованих коліс. Західний науковий центр транспортної академії України.

Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів. Щорічний науково-виробничий журнал. 2008. № 15. С. 198–201.

24. Про затвердження Державних санітарних норми виробничої загальної та локальної вібрації (ДСН 3.3.6.039-99). Чинний від 01.12.1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення: 10.09.2023).

25. Сахно В. П. Вплив компоновальних параметрів міських автобусів великого класу на показники їх маневреності / В. П. Сахно, О. А. Веремчук, М. І. Загороднов // Вісник НТУ. Київ, 2004. С. 132-137.

26. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ. Київ: Арістей, 2010. 155 с.

27. Станько, М.; Ілюк, А.; Дзялак, Р. Чисельний та експериментальний аналіз напруги напівеліптичної пружини. *Матер. Сьогодні Proc.* 2018 , 5 , 26760–26765.

28. Хімка С.М., Магац М.І., Шевчук В.В., Сукач О.М., Рубан Д.П.. Автомобілі. Частина 2 «Ходова частина і органи керування автомобіля». Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт, для здобувачів першого(бакалаврського) рівня освіти з спеціальності 274 "Автомобільний транспорт". 2022. с 88.

29. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2016. 236 с. Депоновано у Державній науково-технічній бібліотеці України 16.12.2016. №18- 68 РІД/Ук-2016 9 (з оприлюдненням). Укр. [Електронний ресурс; Режим доступу <http://gnth.gov.ua>].

30. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту : підручник / Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.