

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**«Аналіз роботи та удосконалення підвіски автомобіля
Mercedes-Benz Sprinter в умовах українських доріг»**

Шаршоню Костянтину Богдановичу


Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

Шифр **КвРАТс. 23076.02.13.00**

Виконав студент 3 курсу група АТс-23-2


Підпис Костянтин ШАРШОНЬ

Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ

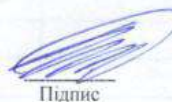

Підпис Анатолій ВИЧАВКА

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ


Підпис Олег БАБАК

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри ТАМ

10.06. 2026



Підпис Олександр ДИХА

Дата

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Галузь знань 27 Транспорт
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт
Освітня програма Автомобільний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ


Диха О.В.
15.04 2026 р

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шаршону Костянтину Богдановичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: **Аналіз роботи та удосконалення підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter в умовах українських доріг**

керівник роботи: Вичавка Анатолій Анатолійович, к.т.н. ст. викладач каф. ТАМ.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 20.01.2026 р. № 7 (Д 26)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали наукових джерел, технічної документації, результати практики та експлуатаційних спостережень за роботою підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter.

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

- 1) Теоретичні основи роботи підвіски автомобіля.
- 2) Аналіз дорожніх умов України та їх вплив на підвіску.
- 3) Дослідження роботи підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter в експлуатаційних умовах.
- 4) Шляхи підвищення ефективності та надійності роботи підвіски.
- 5) Висновки та рекомендації.

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

Розробити презентацію у вигляді слайдів з розкриттям питань відповідно до мети роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15.04 2026 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

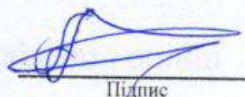
№	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1	Теоретичні основи роботи підвіски автомобіля	28.05.2026	вик
2	Аналіз дорожніх умов України та їх вплив на підвіску	8.06.2026	вик
3	Дослідження роботи підвіски Mercedes-Benz Sprinter	12.06.2026	вик
4	Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності роботи підвіски. Оформлення роботи, висновки	14.06.2026	вик
5	Захист кваліфікаційної роботи	17.06.2026	

студент


Підпис

Костянтин ШАРШОНЬ

рівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Анатолій ВИЧАВКА

Результати дослідження базуються на сучасних методах аналізу та можуть вважатися обґрунтованими і достовірними.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬ, ПІДВІСКА, НАДІЙНІСТЬ, ЗНОС, АМОРТИЗАТОРИ, MERCEDES-BENZ SPRINTER, ДОРОЖНІ УМОВИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

РЕФЕРАТ

Студент групи АТс 23-2: Шаршонь К. Б.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Кваліфікаційна робота на тему «Аналіз роботи та удосконалення підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter в умовах українських доріг» складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 27 найменувань, розміщених на 2 сторінках, та додатків. Роботу викладено на 70 сторінках.

Ефективність та надійність роботи підвіски автомобіля є важливими чинниками безпеки та комфорту руху, особливо в умовах експлуатації на дорогах із незадовільним покриттям. Українські дороги характеризуються нерівностями, ямами та значними навантаженнями, що негативно впливає на технічний стан елементів підвіски.

У роботі проведено аналіз конструкції та принципу роботи підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter, визначено основні недоліки її експлуатації в умовах українських доріг. Обґрунтовано необхідність удосконалення конструкції з метою підвищення довговічності, надійності та покращення плавності ходу.

Особливу увагу приділено оцінці впливу дорожніх умов на знос елементів підвіски, а також запропоновано шляхи її модернізації, зокрема використання посиленних елементів, удосконалення амортизаційних характеристик та підвищення стійкості автомобіля.

Результати дослідження базуються на сучасних методах аналізу та можуть вважатися обґрунтованими і достовірними.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬ, ПІДВІСКА, НАДІЙНІСТЬ, ЗНОС, АМОТИЗАТОРИ, MERCEDES-BENZ SPRINTER, ДОРОЖНІ УМОВИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ВСТУП.....7

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ.....9

 1.1. Призначення та функції підвіски автомобіля9

 1.2. Класифікація підвісок автомобілів11

 1.3. Основні елементи підвіски та їх характеристика15

 1.4. Вплив підвіски на комфорт і безпеку руху18

2. АНАЛІЗ ДОРОЖНІХ УМОВ УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПІДВІСКУ.....22

 2.1. Загальна характеристика автомобільних доріг України22

 2.2. Основні дефекти дорожнього покриття24

 2.3. Вплив дорожніх умов на динамічні навантаження підвіски25

 2.4. Порівняльний аналіз дорожніх умов України та країн ЄС28

3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ.....31

 3.1. Конструктивні особливості підвіски досліджуваного автомобіля.....31

 3.2. Аналіз роботи підвіски в реальних дорожніх умовах34

 3.3. Основні несправності підвіски та причини їх виникнення35

 3.4. Оцінка впливу дорожніх умов на знос елементів підвіски38

4. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДВІСКИ.....41

 4.1. Удосконалення конструкції підвіски41

 4.2. Використання сучасних матеріалів та технологій43

 4.3. Рекомендації щодо технічного обслуговування46

 4.4. Використання систем моніторингу технічного стану48

ВИСНОВКИ52

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ55

КвРАТ. 23076.02.13.00

Зм	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Шаршонь					
Перевір.		Вичавка			ХНУ, АТс-23-2		
Н.контр.		Бабак					
Ватвер.		Диха					

Аналіз роботи та удосконалення підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter в умовах українських доріг

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автомобільний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні економічного розвитку держави, перевезенні пасажирів і вантажів, а також у формуванні сучасної інфраструктури. Одним із важливих елементів конструкції автомобіля, який безпосередньо впливає на комфорт, безпеку руху та довговічність транспортного засобу, є підвіска.

Стан автомобільних доріг в Україні характеризується значною кількістю дефектів, серед яких особливо поширеними є нерівності, вибоїни, тріщини та колійність. Такі умови експлуатації призводять до підвищених динамічних навантажень на елементи підвіски, що спричиняє їх прискорений знос, зниження надійності та збільшення витрат на технічне обслуговування і ремонт.

У зв'язку з цим дослідження роботи підвіски автомобіля в умовах українських доріг є актуальним завданням, оскільки дозволяє виявити основні фактори, що впливають на її ефективність, та розробити рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик транспортних засобів.

Метою дипломної роботи є аналіз роботи підвіски автомобіля в умовах експлуатації на дорогах України та визначення шляхів підвищення її ефективності і довговічності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розглянути теоретичні основи роботи підвіски автомобіля;
- дослідити класифікацію та конструктивні особливості підвісок;
- проаналізувати стан автомобільних доріг України;
- визначити вплив дорожніх умов на роботу підвіски;

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дослідити основні несправності та причини їх виникнення;
- запропонувати заходи щодо підвищення ефективності роботи підвіски.

Об'єкт дослідження — підвіска автомобіля як елемент ходової частини.

Предмет дослідження — процеси функціонування підвіски автомобіля в умовах нерівностей дорожнього покриття.

Методи дослідження: аналіз наукової літератури, порівняльний аналіз, узагальнення, технічний аналіз конструкцій, а також методи оцінки експлуатаційних характеристик.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих рекомендацій для підвищення надійності та ефективності роботи підвіски автомобілів в умовах експлуатації на дорогах України.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

1.1. Призначення та функції підвіски автомобіля

Підвіска автомобіля є однією з ключових систем транспортного засобу, яка забезпечує зв'язок між колесами та кузовом, а також виконує функцію пом'якшення впливу нерівностей дорожнього покриття. Вона відіграє визначальну роль у формуванні експлуатаційних властивостей автомобіля, таких як плавність ходу, стійкість, керованість і безпека руху. Саме через елементи підвіски передаються всі сили взаємодії між колесами та кузовом, включаючи вертикальні, поздовжні та поперечні навантаження.

Основним призначенням підвіски є зменшення динамічних навантажень, що виникають під час руху по нерівностях дороги. Під час наїзду колеса на перешкоду (ямі, вибоїні, стику дорожнього покриття) виникають ударні сили та прискорення, які безпосередньо впливають на конструкцію автомобіля. Якщо б кузов був жорстко з'єднаний з колесами, усі ці навантаження передавалися б безпосередньо на раму або несучий кузов, що призвело б до швидкого зношування конструктивних елементів та значного зниження комфорту. Завдяки наявності пружних і демпфувальних елементів підвіски — пружин, ресор, торсіонів, амортизаторів — частина енергії удару поглинається, а частина розсіюється у вигляді тепла, що істотно зменшує амплітуду коливань кузова.

Важливою функцією підвіски є забезпечення постійного контакту коліс із дорожнім покриттям. Саме від цього залежить передача тягових і гальмівних сил, а також реалізація керуючих впливів від рульового механізму. Втрата контакту колеса з дорогою навіть на короткий проміжок часу призводить до

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зниження коефіцієнта зчеплення, погіршення курсової стійкості та збільшення гальмівного шляху. Особливо критичним це є під час руху на високій швидкості або в умовах слизького покриття, характерного для зимового періоду в Україні.

Підвіска також забезпечує правильну геометрію встановлення коліс у процесі руху. Під час роботи підвіски змінюється положення коліс відносно кузова, і конструкція важелів та шарнірів повинна гарантувати збереження оптимальних кутів розвалу, сходження та кастера. Порушення геометричних параметрів призводить до нерівномірного зношування шин, підвищення витрати палива та зниження керованості автомобіля.

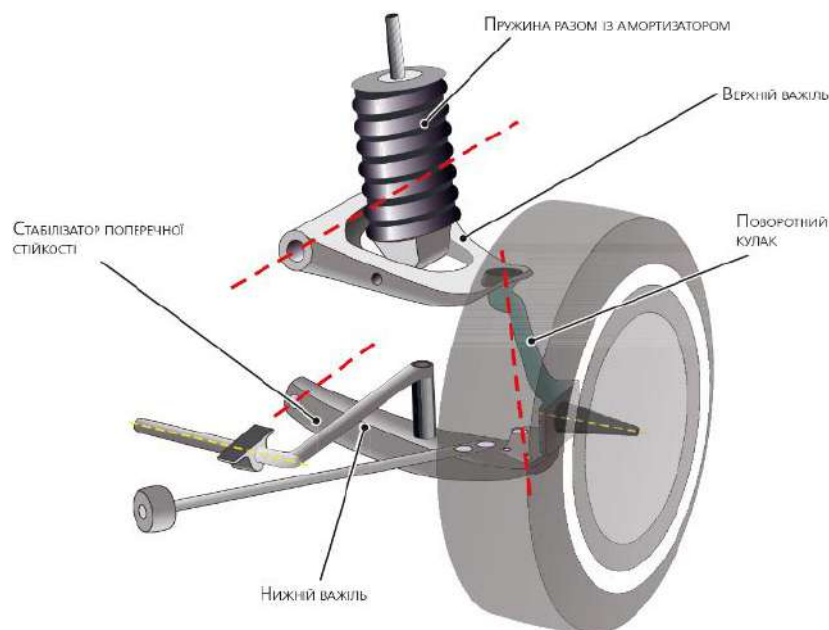


Рисунок 1.1 - Система з двома А-подібними важелями

Не менш важливою є роль підвіски у зменшенні вібраційного навантаження на водія та пасажирів. Тривалий вплив вібрацій негативно впливає на фізичний стан людини, викликає втоми та знижує концентрацію уваги. У вантажних автомобілях і мікроавтобусах, які експлуатуються на

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міжміських маршрутах, ефективна робота підвіски безпосередньо пов'язана з безпекою перевезень і збереженням вантажу.

Таким чином, підвіска автомобіля виконує комплексну функцію, поєднуючи в собі елементи пружності, демпфування та кінематичного спрямування руху коліс. Вона є складною інженерною системою, робота якої визначає не лише комфорт, але й надійність, довговічність та безпечність експлуатації транспортного засобу, особливо в умовах складного дорожнього покриття, характерного для українських автомобільних доріг.

Схема 1.1 – Основні функції підвіски

Нерівності дороги → Колесо → Підвіска → Зменшення коливань → Комфорт і безпека

1.2. Класифікація підвісок автомобілів

Сучасні автомобілі оснащуються різними типами підвісок, які відрізняються за конструкцією, принципом дії, кінематикою роботи та експлуатаційними характеристиками. Вибір конкретного типу підвіски визначається призначенням транспортного засобу, його вантажопідйомністю, швидкісними характеристиками, умовами експлуатації, а також вимогами до комфорту, довговічності та вартості обслуговування. Для легкових автомобілів пріоритетом зазвичай є комфорт і керованість, тоді як для вантажних автомобілів і мікроавтобусів — міцність, надійність та здатність працювати під значними навантаженнями.

За конструктивною ознакою підвіски поділяються на незалежні та залежні. Незалежна підвіска передбачає можливість вертикального

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщення кожного колеса окремо від іншого колеса тієї ж осі. Така схема дозволяє значно зменшити передачу коливань з одного колеса на інше, що позитивно впливає на плавність ходу та стійкість автомобіля на нерівностях. До найпоширеніших типів незалежних підвісок належать підвіска типу McPherson, двоважільна та багатоважільна конструкції. Вони широко застосовуються на передній осі легкових автомобілів та мікроавтобусів завдяки компактності та ефективності. Незалежна підвіска забезпечує кращий контакт коліс із дорогою, що особливо важливо під час руху по нерівному покриттю або при виконанні маневрів.

Залежна підвіска, навпаки, характеризується жорстким зв'язком між колесами однієї осі за допомогою балки або моста. При переміщенні одного колеса змінюється положення іншого, що дещо знижує комфорт руху. Проте така конструкція має суттєві переваги: високу міцність, простоту виготовлення, ремонтпридатність та здатність витримувати значні статичні й динамічні навантаження. Саме тому залежні підвіски широко застосовуються на вантажних автомобілях, автобусах та комерційному транспорті, який експлуатується в складних дорожніх умовах.

За типом пружного елемента підвіски можуть бути пружинними, ресорними, торсіонними та пневматичними. Пружинна підвіска є найбільш поширеною в сучасному автомобілебудуванні. Вона використовує гвинтові пружини, які забезпечують достатню еластичність та компактність конструкції. Такі підвіски добре поєднуються з телескопічними амортизаторами, забезпечуючи оптимальний баланс між комфортом і керованістю.

Ресорна підвіска базується на використанні листових ресор, які одночасно виконують функції пружного та напрямного елементів. Її основною перевагою є висока вантажопідйомність і простота конструкції. Ресори здатні витримувати значні навантаження, тому їх часто встановлюють на задніх осях

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вантажних автомобілів та мікроавтобусів. Недоліком є більша жорсткість та зниження плавності ходу порівняно з пружинними системами.

Торсіонна підвіска використовує як пружний елемент металевий стрижень (торсіон), який працює на кручення. Вона відзначається компактністю та можливістю регулювання кліренсу, що робить її зручною для застосування в позашляхових автомобілях і деяких моделях комерційного транспорту.

Пневматична підвіска є більш сучасним рішенням, у якому замість металевих пружинних елементів використовуються пневмобалони, наповнені стисненим повітрям. Основною її перевагою є можливість автоматичного регулювання жорсткості та висоти кузова залежно від навантаження та дорожніх умов. Це суттєво підвищує комфорт руху та дозволяє підтримувати постійний дорожній просвіт. Однак така система є складнішою конструктивно, потребує додаткового обладнання (компресора, клапанів, електронного керування) і має вищу вартість обслуговування.

Таким чином, різноманіття конструктивних рішень підвісок зумовлене необхідністю забезпечення оптимального поєднання комфорту, безпеки, надійності та економічності. Вибір конкретного типу підвіски повинен здійснюватися з урахуванням умов експлуатації, характеру дорожнього покриття та функціонального призначення автомобіля, що особливо актуально для транспортних засобів, які експлуатуються в умовах нерівних українських доріг.

Таблиця 1.1 – Класифікація підвісок автомобілів

Ознака класифікації	Тип підвіски	Характеристика
За конструкцією	Незалежна	Високий комфорт, складність
	Залежна	Міцність, простота

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ознака класифікації	Тип підвіски	Характеристика
За пружним елементом	Пружинна	Поширена, універсальна
	Ресорна	Висока вантажопідйомність
	Торсіонна	Компактність
	Пневматична	Регулювання жорсткості

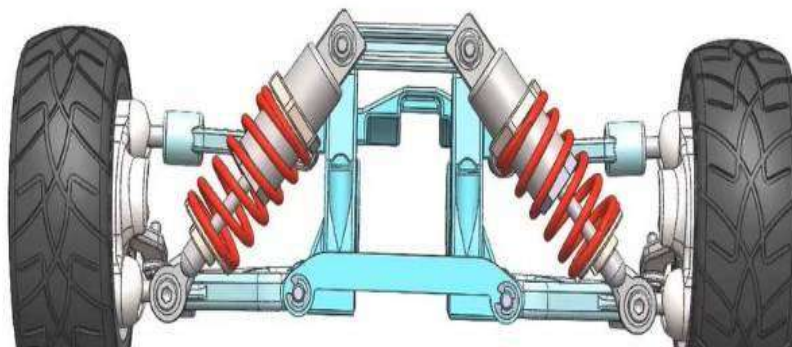


Рисунок 1.1 – Незалежна підвіска (тип McPherson)



Рисунок 1.2 – Залежна ресорна підвіска

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування різних типів підвісок обумовлене необхідністю досягнення компромісу між комфортом, надійністю та економічністю.

1.3. Основні елементи підвіски та їх характеристика

Підвіска автомобіля складається з комплексу взаємопов'язаних елементів, кожен із яких виконує певну функцію, необхідну для забезпечення комфорту, стійкості та безпеки руху. Взаємодія цих елементів дозволяє автомобілю ефективно реагувати на нерівності дорожнього покриття, зберігати стабільність під час маневрування та підтримувати оптимальний контакт коліс із дорогою. До основних елементів підвіски належать пружні елементи, амортизатори, направляючі пристрої та стабілізатори поперечної стійкості, кожен із яких виконує специфічну роль у загальній роботі системи.

Пружні елементи підвіски — це ті компоненти, які сприймають основне навантаження від маси автомобіля та зовнішніх впливів, що виникають під час руху по нерівній дорозі. До них відносяться гвинтові пружини, листові ресори та торсіони. Основною їхньою функцією є згладжування нерівностей покриття та накопичення енергії ударів. Коли колесо наїжджає на перешкоду, пружний елемент деформується, частково поглинаючи енергію удару і поступово віддаючи її назад, що запобігає різким коливанням кузова. Пружні елементи повинні бути достатньо жорсткими, щоб витримувати масу автомобіля та навантаження при перевантаженні, але при цьому еластичними для забезпечення плавності ходу.

Амортизатори є демпфуючими елементами підвіски і виконують надзвичайно важливу функцію гасіння коливань, які виникають у пружних елементах під час руху. Без амортизаторів автомобіль продовжував би колитися після кожної нерівності дороги, що негативно впливало б на

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комфорт водія та пасажирів, а також на керованість транспортного засобу. Амортизатори перетворюють кінетичну енергію коливань у тепло, розсіюючи її через внутрішню робочу рідину або газ. У сучасних автомобілях застосовуються різні типи амортизаторів — гідравлічні, газові та комбіновані, кожен із яких має свої переваги та особливості роботи в умовах складних дорожніх покриттів.

Направляючі елементи, до яких відносяться важелі, тяги, куліси та шарніри, визначають траєкторію руху коліс відносно кузова. Вони забезпечують правильне положення коліс, спрямовують їх рух у відповідності до керованого напрямку і сприймають бічні та поздовжні навантаження під час розгону, гальмування або поворотів. Якість та стан направляючих елементів безпосередньо впливають на точність керування автомобілем, а їх зношування може призвести до появи люфтів, нестійкості руху та нерівномірного зносу шин.

Стабілізатори поперечної стійкості призначені для зменшення кренів кузова під час маневрування, особливо при проходженні поворотів. Вони з'єднують протилежні колеса однієї осі та обмежують їх вертикальні переміщення у різних напрямках, тим самим зменшуючи нахил кузова. Завдяки цьому автомобіль зберігає стійкість і керованість навіть на високих швидкостях, а ризик перекидання знижується. Стабілізатори особливо важливі для мікроавтобусів і вантажних автомобілів, які мають високий центр ваги і схильні до великих кренів при завантаженні. Крім того, всі елементи підвіски взаємопов'язані і працюють як єдина система. Неправильна робота одного компонента, наприклад, амортизатора або сайлентблока, призводить до підвищених навантажень на інші деталі, що сприяє прискореному зношенню. У цьому контексті регулярний контроль стану всіх елементів, своєчасна заміна зношених вузлів та налаштування геометрії підвіски є критично важливими для збереження надійності та безпеки автомобіля в складних дорожніх умовах.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Основні елементи підвіски та їх функції

Елемент	Функція
Пружини / ресори	Сприйняття навантаження
Амортизатори	Гасіння коливань
Важелі	Направлення руху коліс
Стабілізатор	Зменшення кренів

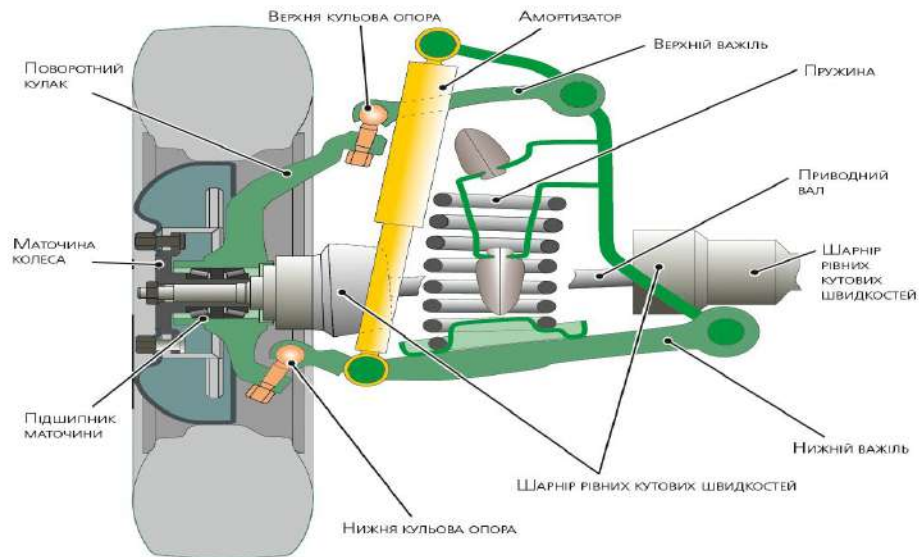


Рисунок 1.3 – Приклад пружинної підвіски на двох поперечних важелях

Таким чином, ефективність роботи підвіски визначається узгодженою роботою всіх її елементів.

Робота підвіски автомобіля пов'язана з процесами коливань, які виникають у результаті взаємодії коліс із дорожнім покриттям. Ці коливання можуть бути як вимушеними (викликаними нерівностями дороги), так і власними (зумовленими характеристиками підвіски).

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними параметрами, що характеризують динаміку підвіски, є жорсткість пружних елементів і коефіцієнт демпфування амортизаторів. Жорсткість визначає здатність підвіски протидіяти деформації, а демпфування — швидкість затухання коливань.

При недостатньому демпфуванні виникають тривалі коливання кузова, що знижує комфорт. При надмірному демпфуванні підвіска стає жорсткою, що призводить до передачі ударних навантажень на кузов.

Схема 1.2 – Коливальний процес підвіски

Нерівність → Стиснення пружини → Коливання → Гасіння амортизатором → Стабілізація

Динаміка підвіски безпосередньо впливає на зчеплення коліс із дорогою. При значних коливаннях можливе короткочасне відривання колеса від поверхні, що погіршує керованість автомобіля.

1.4 Вплив підвіски на комфорт і безпеку руху

Робота підвіски автомобіля безпосередньо пов'язана з процесами коливань, які виникають у результаті взаємодії коліс із дорожнім покриттям. Ці коливання мають складний характер і поділяються на два основні типи: вимушені та власні. Вимушені коливання зумовлені зовнішніми впливами — нерівностями дороги, ямами, коліями та перепадами висоти дорожнього полотна. Власні коливання підвіски виникають через особливості конструкції, масу автомобіля, характеристики пружних елементів та амортизаторів. Обидва типи коливань взаємодіють, формуючи динамічний режим роботи підвіски, від

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якого залежить не лише комфорт, але й безпека руху та стійкість автомобіля на дорозі.

Основними параметрами, що визначають динамічні властивості підвіски, є жорсткість пружних елементів і коефіцієнт демпфування амортизаторів. Жорсткість пружин або ресор визначає, наскільки сильно підвіска протидіє деформації під дією навантаження. Вона безпосередньо впливає на амплітуду коливань кузова: недостатня жорсткість призводить до занадто глибоких просідань при наїзді на нерівності, тоді як надмірна жорсткість передає ударні навантаження безпосередньо на кузов та пасажирів. Коефіцієнт демпфування амортизаторів визначає швидкість затухання коливань і контроль амплітуди руху кузова після проходження нерівностей.

При недостатньому демпфуванні амортизатори не в змозі швидко розсіювати енергію коливань, що призводить до тривалого «гойдання» кузова після наїзду на перешкоду. Такий стан підвіски значно знижує комфорт водія та пасажирів, погіршує зчеплення коліс із дорогою, збільшує гальмівний шлях і може спричинити небезпечні коливання на поворотах. З іншого боку, надмірне демпфування робить підвіску занадто жорсткою, що призводить до прямого передавання ударних навантажень на кузов та сидіння пасажирів. Це не лише знижує комфорт, але й може спричинити передчасний вихід із ладу вузлів і агрегатів підвіски, шасі та кузова.

Важливою характеристикою роботи підвіски є також її резонансна частота, яка визначається масою автомобіля та жорсткістю пружних елементів. При збігу частоти зовнішніх коливань із резонансною частотою підвіски можуть виникати резонансні явища, що характеризуються різким збільшенням амплітуди коливань. У таких умовах неефективна робота амортизаторів і підвищене навантаження на всі вузли підвіски можуть призвести до швидкого зношування або навіть до аварійних ситуацій.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення оптимальної роботи підвіски важливо правильно підбирати жорсткість пружних елементів і параметри демпфування амортизаторів відповідно до маси, типу та призначення автомобіля, а також умов експлуатації. У сучасних транспортних засобах часто застосовуються адаптивні підвіски, які дозволяють автоматично змінювати характеристики амортизаторів у залежності від дорожніх умов та швидкості руху. Такі системи значно покращують баланс між комфортом і керованістю, зменшують вплив нерівностей дороги на пасажирів та забезпечують стабільну роботу автомобіля навіть на складних дорожніх покриттях.

З огляду на умови експлуатації на українських дорогах, де нерівності, ями та колії зустрічаються на значних відрізках траси, правильне налаштування жорсткості та демпфування підвіски є критично важливим. Ефективна робота підвіски дозволяє знизити навантаження на шасі та кузов, зменшити втому водія і пасажирів, продовжити ресурс деталей підвіски та підвищити загальну безпеку руху.

Таблиця 1.3 – Вплив підвіски на експлуатаційні характеристики

Параметр	Вплив підвіски
Комфорт	Зменшення вібрацій
Керованість	Стабільність руху
Безпека	Скорочення гальмівного шляху
Знос шин	Рівномірність зносу

Рисунок 1.4 – Вплив підвіски на контакт колеса з дорогою



У результаті проведеного теоретичного аналізу встановлено, що підвіска автомобіля є складною технічною системою, яка забезпечує комфорт, безпеку та надійність руху. Її ефективність визначається конструкцією, характеристиками елементів та умовами експлуатації.

Отримані теоретичні положення є основою для подальшого аналізу впливу дорожніх умов на роботу підвіски та розробки заходів щодо підвищення її ефективності.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ДОРОЖНІХ УМОВ УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ПІДВІСКУ АВТОМОБІЛЯ

2.1. Загальна характеристика автомобільних доріг України

Автомобільні дороги України є важливою складовою транспортної інфраструктури держави, яка забезпечує функціонування економіки, перевезення пасажирів і вантажів, а також інтеграцію країни до європейського транспортного простору. Водночас стан дорожнього покриття на значній частині території залишається незадовільним, що зумовлює підвищені вимоги до технічного стану транспортних засобів, зокрема їх підвіски. Недостатня якість доріг безпосередньо впливає на ресурс вузлів і агрегатів автомобіля, збільшує витрати на технічне обслуговування та знижує загальний рівень безпеки дорожнього руху.

Мережа автомобільних доріг включає дороги державного та місцевого значення, які відрізняються за технічними параметрами, інтенсивністю руху та якістю покриття. Дороги державного значення, як правило, мають асфальтобетонне або цементобетонне покриття та розраховані на значні транспортні потоки. Проте навіть на таких дорогах часто спостерігаються дефекти, пов'язані з перевантаженням транспортних засобів, зношуванням матеріалів і недотриманням технологій будівництва та ремонту. Дороги місцевого значення зазвичай перебувають у гіршому стані через обмежене фінансування, нерегулярне обслуговування та вплив природних факторів.

Однією з характерних особливостей дорожніх умов України є значна неоднорідність якості покриття навіть у межах коротких ділянок дороги. На одній і тій самій трасі можуть чергуватися відремонтовані відрізки з відносно рівною поверхнею та ділянки з численними дефектами — ямами, тріщинами,

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хвилями та колійністю. Така нерівномірність призводить до змінного характеру навантаження на елементи підвіски автомобіля. У результаті виникають як короточасні ударні навантаження, так і тривалі вібраційні впливи, що значно прискорює процес зношування деталей.

Кліматичні умови України також відіграють важливу роль у формуванні стану дорожнього покриття. Для більшості регіонів характерні часті переходи температури через нуль у зимово-весняний період. У цей час волога, що проникає в мікротріщини асфальту, замерзає та розширюється, руйнуючи структуру покриття. Під час відтавання утворюються порожнини, які під дією транспортного навантаження перетворюються на вибоїни. Такі цикли повторюються багаторазово протягом сезону, що призводить до швидкої деградації дорожнього полотна.

Додатковим фактором, що впливає на стан доріг, є значні транспортні навантаження, особливо від великовантажного транспорту. Перевищення допустимих осьових навантажень спричиняє пластичні деформації покриття, утворення колій та просідань. Це створює небезпечні умови руху та негативно впливає на роботу підвіски, оскільки автомобіль змушений постійно адаптуватися до змін профілю дороги.

Не менш важливим є вплив людського фактора, зокрема якості виконання дорожніх робіт. Недотримання технологічних вимог під час укладання асфальтобетону, використання неякісних матеріалів або порушення режимів ущільнення призводять до передчасного руйнування покриття. Крім того, несвоєчасне проведення ремонтних робіт сприяє накопиченню дефектів і погіршенню загального стану доріг.

Усе це формує складні умови експлуатації транспортних засобів, у яких підвіска працює в режимі підвищених навантажень. Вона повинна не лише забезпечувати комфорт і безпеку руху, але й витримувати значні механічні впливи, що повторюються з високою частотою. Саме тому аналіз дорожніх

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

умов України є важливим етапом дослідження роботи підвіски, оскільки дозволяє визначити основні фактори, що впливають на її ефективність, надійність та довговічність.



Рисунок 2.1 – Типовий стан дорожнього покриття в Україні

2.2. Основні дефекти дорожнього покриття

Стан дорожнього покриття безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики автомобіля, особливо на роботу підвіски. Найбільш поширеними дефектами є вибоїни, тріщини, хвилястість покриття та колійність.

Вибоїни утворюються внаслідок руйнування верхніх шарів покриття під дією транспортного навантаження та кліматичних факторів. Їх наявність призводить до різких ударних навантажень на підвіску, що значно прискорює знос амортизаторів, пружин та інших елементів.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тріщини в дорожньому покритті є початковою стадією його руйнування. Вони сприяють проникненню вологи вглиб конструкції дороги, що в подальшому призводить до утворення більш серйозних дефектів.

Колійність виникає внаслідок пластичних деформацій покриття під впливом транспортних засобів, особливо вантажних. Вона негативно впливає на стійкість автомобіля та спричиняє додаткові навантаження на підвіску.

Таблиця 2.1 – Основні дефекти дорожнього покриття та їх вплив на підвіску

Дефект	Причина виникнення	Вплив на підвіску
Вибіоїни	Руйнування покриття	Ударні навантаження, знос амортизаторів
Тріщини	Температурні деформації	Поступове руйнування елементів
Колійність	Інтенсивний рух транспорту	Порушення стійкості автомобіля
Хвилястість	Нерівномірне укладання покриття	Вібраційні навантаження

2.3. Вплив дорожніх умов на динамічні навантаження підвіски

Рух автомобіля по нерівній дорозі супроводжується виникненням змінних динамічних навантажень, які передаються від коліс до кузова через елементи підвіски. Характер і величина цих навантажень залежать від багатьох факторів, зокрема профілю дорожнього покриття, швидкості руху транспортного засобу, його маси, ступеня завантаження, а також технічного стану елементів підвіски. У реальних умовах експлуатації всі ці фактори діють одночасно, формуючи складний спектр навантажень, який має як випадковий, так і циклічний характер.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При наїзді на нерівність відбувається різке збільшення сили, що діє на колесо, яка передається на елементи підвіски та далі на кузов автомобіля. У випадку значних дефектів дорожнього покриття, таких як глибокі вибоїни або різкі перепади висоти, ці навантаження можуть у кілька разів перевищувати статичне навантаження від маси автомобіля. Це явище пояснюється тим, що при контакті колеса з перешкодою виникає імпульс сили, який залежить не лише від маси, але й від швидкості руху. Чим більша швидкість, тим більшим є динамічний ефект, що призводить до різкого зростання навантажень на всі елементи підвіски.

Підвіска виконує роль демпфуючої системи, яка зменшує амплітуду коливань кузова та забезпечує їх поступове згасання. Основними елементами, що відповідають за цей процес, є пружні елементи (пружини, ресори, торсіони) та амортизатори. Пружні елементи накопичують енергію удару, деформуючись, тоді як амортизатори розсіюють цю енергію, перетворюючи її на тепло за рахунок внутрішнього опору робочої рідини. Узгоджена робота цих компонентів дозволяє забезпечити оптимальний баланс між жорсткістю та комфортом.

Однак при тривалому впливі нерівностей елементи підвіски працюють у режимі постійних змінних навантажень, що призводить до розвитку втомних процесів у матеріалах. Втомне руйнування є одним із найпоширеніших видів пошкоджень, оскільки навіть при відносно невеликих, але багаторазово повторюваних навантаженнях у матеріалі виникають мікротріщини, які з часом розростаються і призводять до повного руйнування деталі. Особливо чутливими до цього процесу є елементи, що працюють на вигин і кручення, такі як пружини, важелі підвіски та стабілізатори поперечної стійкості.

Амортизатори відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної роботи підвіски, проте саме вони найчастіше втрачають свої властивості в

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесі експлуатації. Інтенсивна робота в умовах нерівних доріг призводить до перегріву робочої рідини, зниження в'язкості та погіршення демпфуючих характеристик. Крім того, зношування ущільнень може спричинити витік рідини, що практично повністю виводить амортизатор з ладу. У результаті збільшується амплітуда коливань кузова, погіршується зчеплення коліс із дорогою та зростає ризик втрати керованості.

Слід також зазначити, що динамічні навантаження мають комплексний характер і впливають не лише на підвіску, але й на інші елементи автомобіля, зокрема рульове управління, кузов та шини. Постійні удари та вібрації сприяють послабленню різьбових з'єднань, появі люфтів у шарнірах і прискореному зношуванню гумометалевих елементів. Це, у свою чергу, ще більше погіршує роботу підвіски та створює замкнений цикл деградації технічного стану автомобіля.

Схема 2.1 – Передача навантажень від дороги до кузова автомобіля

Дорога → Колесо → Пружний елемент → Амортизатор → Кузов

Значну роль у формуванні навантажень відіграє швидкість руху автомобіля. Зі збільшенням швидкості зростає енергія удару при наїзді на нерівність, що призводить до підвищення навантаження на підвіску. У таких умовах особливо важливим є технічний стан амортизаторів, які повинні ефективно гасити коливання.

Таблиця 2.2 – Залежність навантаження на підвіску від умов руху

Умова руху	Характер навантаження
Рівна дорога	Мінімальні
Нерівності	Помірні
Вибоїни	Високі ударні

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова руху	Характер навантаження
Висока швидкість	Максимальні динамічні

2.4. Порівняльний аналіз дорожніх умов України та країн ЄС

Робота підвіски автомобіля безпосередньо пов'язана з процесами коливань, які виникають у результаті взаємодії коліс із дорожнім покриттям. Ці коливання мають складний характер і поділяються на два основні типи: вимушені та власні. Вимушені коливання зумовлені зовнішніми впливами — нерівностями дороги, ямами, коліями та перепадами висоти дорожнього полотна. Власні коливання підвіски виникають через особливості конструкції, масу автомобіля, характеристики пружних елементів та амортизаторів. Обидва типи коливань взаємодіють, формуючи динамічний режим роботи підвіски, від якого залежить не лише комфорт, але й безпека руху та стійкість автомобіля на дорозі.

Основними параметрами, що визначають динамічні властивості підвіски, є жорсткість пружних елементів і коефіцієнт демпфування амортизаторів. Жорсткість пружин або ресор визначає, наскільки сильно підвіска протидіє деформації під дією навантаження. Вона безпосередньо впливає на амплітуду коливань кузова: недостатня жорсткість призводить до занадто глибоких просідань при наїзді на нерівності, тоді як надмірна жорсткість передає ударні навантаження безпосередньо на кузов та пасажирів. Коефіцієнт демпфування амортизаторів визначає швидкість затухання коливань і контроль амплітуди руху кузова після проходження нерівностей.

При недостатньому демпфуванні амортизатори не в змозі швидко розсіювати енергію коливань, що призводить до тривалого «гойдання» кузова

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після наїзду на перешкоду. Такий стан підвіски значно знижує комфорт водія та пасажирів, погіршує зчеплення коліс із дорогою, збільшує гальмівний шлях і може спричинити небезпечні коливання на поворотах. З іншого боку, надмірне демпфування робить підвіску занадто жорсткою, що призводить до прямого передавання ударних навантажень на кузов та сидіння пасажирів. Це не лише знижує комфорт, але й може спричинити передчасний вихід із ладу вузлів і агрегатів підвіски, шасі та кузова.

Важливою характеристикою роботи підвіски є також її резонансна частота, яка визначається масою автомобіля та жорсткістю пружних елементів. При збігу частоти зовнішніх коливань із резонансною частотою підвіски можуть виникати резонансні явища, що характеризуються різким збільшенням амплітуди коливань. У таких умовах неефективна робота амортизаторів і підвищене навантаження на всі вузли підвіски можуть призвести до швидкого зношування або навіть до аварійних ситуацій.

Для забезпечення оптимальної роботи підвіски важливо правильно підбирати жорсткість пружних елементів і параметри демпфування амортизаторів відповідно до маси, типу та призначення автомобіля, а також умов експлуатації. У сучасних транспортних засобах часто застосовуються адаптивні підвіски, які дозволяють автоматично змінювати характеристики амортизаторів у залежності від дорожніх умов та швидкості руху. Такі системи значно покращують баланс між комфортом і керованістю, зменшують вплив нерівностей дороги на пасажирів та забезпечують стабільну роботу автомобіля навіть на складних дорожніх покриттях.

З огляду на умови експлуатації на українських дорогах, де нерівності, ями та колії зустрічаються на значних відрізках траси, правильне налаштування жорсткості та демпфування підвіски є критично важливим. Ефективна робота підвіски дозволяє знизити навантаження на шасі та кузов,

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшити втому водія і пасажирів, продовжити ресурс деталей підвіски та підвищити загальну безпеку руху.



Рисунок 2.3 – Порівняння доріг України та ЄС

У результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що дорожні умови України створюють значно більші навантаження на підвіску автомобіля порівняно з країнами ЄС. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції підвіски, підвищення її надійності та адаптації до складних умов експлуатації.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ НА ПРИКЛАДІ Mercedes-Benz Sprinter

3.1. Конструктивні особливості підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter

Автомобіль Mercedes-Benz Sprinter є одним із найпоширеніших легких комерційних транспортних засобів, що широко використовується для перевезення пасажирів і вантажів в Україні. Його популярність зумовлена високою надійністю, універсальністю та адаптованістю до різних умов експлуатації — від міських вулиць із численними нерівностями до міжміських трас із високими швидкостями руху. Завдяки міцній конструкції та якісним матеріалам автомобіль здатний витримувати великі навантаження, що робить його ідеальним рішенням для комерційного транспорту, доставки товарів та пасажирських перевезень.

Конструкція підвіски Mercedes-Benz Sprinter залежить від конкретної модифікації та призначення автомобіля. У більшості стандартних версій передня підвіска виконана за схемою незалежної типу McPherson, а задня — у вигляді залежної ресорної системи. Така комбінація дозволяє поєднувати комфорт керування на передніх колесах з високою вантажопідйомністю та міцністю задньої осі.

Передня підвіска включає пружини, амортизатори, поперечні важелі та кульові опори, що забезпечують незалежний рух кожного колеса. Кожне колесо здатне компенсувати нерівності дороги автономно, що зменшує передачу ударних навантажень на кузов. Незалежна передня підвіска підвищує керованість автомобіля, забезпечує стабільність на поворотах та сприяє

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комфортному руху пасажирів, особливо при швидкісному русі або перевезенні вантажів у міських умовах. Амортизатори передньої підвіски ефективно гасять коливання, тоді як пружини забезпечують поступове згладжування нерівностей, що значно підвищує комфорт водія і пасажирів.

Задня підвіска виконана у вигляді жорсткої балки з листовими ресорами, що є класичним рішенням для вантажопасажирських автомобілів. Вона розрахована на перевезення значних навантажень, забезпечуючи стійкість і надійність автомобіля навіть при максимальному завантаженні. Листові ресори здатні витримувати великі ударні і циклічні навантаження, характерні для експлуатації на дорогах із численними дефектами покриття. Завдяки цьому підвіска забезпечує високу міцність та довговічність, а також спрощує обслуговування та ремонт у польових умовах.

Однак, незважаючи на високу надійність ресорної підвіски, вона має нижчий рівень комфорту порівняно з незалежними системами. Коливання кузова при наїзді на нерівності передаються безпосередньо через ресори, що може створювати відчуття жорсткості під час руху по вибоїстих ділянках дороги. Саме тому для підвищення комфорту часто застосовуються додаткові елементи демпфування, такі як амортизатори задньої осі та буфери відбою, які пом'якшують удари та обмежують хід ресор у крайніх положеннях.

Особливістю підвіски Mercedes-Benz Sprinter є її здатність до адаптації під різні умови експлуатації. Передня незалежна система забезпечує керованість і комфорт у міських умовах, тоді як задня ресорна підвіска витримує високі навантаження при перевезенні вантажів на міжміських трасах або у складних дорожніх умовах України. Така комбінація робить автомобіль універсальним, дозволяючи його використовувати як пасажирський мікроавтобус, вантажний фургон або автомобіль змішаного призначення.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – Конструкція передньої підвіски Mercedes-Benz Sprinter



Рисунок 3.2 – Задня ресорна підвіска Sprinter

Особливістю конструкції підвіски Sprinter є її орієнтація на роботу в умовах змінного навантаження. Автомобіль може експлуатуватися як у

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порожньому стані, так і при повному завантаженні, що суттєво впливає на режими роботи підвіски.

3.2. Аналіз роботи підвіски в реальних дорожніх умовах

Експлуатація автомобіля Mercedes-Benz Sprinter в умовах українських доріг супроводжується значними динамічними навантаженнями, що виникають унаслідок нерівностей дорожнього покриття.

При русі по нерівній дорозі передня підвіска забезпечує гасіння коливань та підтримує керованість автомобіля. Незалежна конструкція дозволяє кожному колесу реагувати окремо на нерівності, що зменшує передачу коливань на кузов.

Задня підвіска, у свою чергу, працює в умовах значно більших навантажень, особливо при перевезенні вантажів або пасажирів. Ресори сприймають основну частину ударних навантажень, проте при русі по вибоїнах виникають значні вертикальні прискорення, що можуть призводити до перевантаження елементів підвіски.

Практичні спостереження показують, що при русі по дорогах із значною кількістю дефектів відбувається:

- збільшення амплітуди коливань кузова;
- зростання навантаження на амортизатори;
- підвищений знос гумометалевих елементів.

Таблиця 3.1 – Поведінка підвіски Sprinter в різних умовах

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови руху	Робота передньої підвіски	Робота задньої підвіски
Рівна дорога	Стабільна, комфортна	Мінімальні навантаження
Нерівності	Помірні коливання	Підвищене навантаження
Вибоїни	Ударні навантаження	Значні перевантаження
Завантажений авто	Стабільність знижується	Високі навантаження на ресори

3.3. Основні несправності підвіски та причини їх виникнення

У процесі експлуатації автомобіля в умовах українських доріг підвіска піддається інтенсивному зносу, що обумовлено поєднанням високих динамічних навантажень, частих ударних впливів та несприятливих кліматичних факторів. Наявність вибоїн, тріщин, нерівностей і хвиль на дорожньому покритті призводить до того, що елементи підвіски працюють у режимі постійних перевантажень, які значно перевищують розрахункові значення. У таких умовах навіть конструктивно надійні вузли поступово втрачають свої експлуатаційні властивості.

Найбільш поширеними несправностями є вихід з ладу амортизаторів, зношення сайлентблоків, деформація ресор, пошкодження кульових опор, а також зношення втулок стабілізатора та шарнірних з'єднань. Ці несправності не лише знижують комфорт руху, але й безпосередньо впливають на безпеку експлуатації транспортного засобу.

Амортизатори є одним із найбільш навантажених елементів підвіски, оскільки вони працюють у режимі безперервного гасіння коливань. Під впливом постійних вібрацій і ударів відбувається поступове погіршення їх характеристик. Робоча рідина в амортизаторі втрачає свої властивості через перегрів і кавітаційні процеси, ущільнення зношуються, що призводить до

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

витоку масла. У результаті ефективність демпфування значно знижується, збільшується амплітуда коливань кузова, погіршується контакт коліс із дорожнім покриттям, що особливо небезпечно при гальмуванні або русі на високій швидкості.

Сайлентблоки, які виконують функцію еластичних з'єднань між елементами підвіски, піддаються значним циклічним деформаціям. Вони виготовляються з гумометалевих матеріалів, які з часом втрачають еластичність під впливом механічних навантажень, температурних перепадів та агресивного середовища (волога, реагенти, пил). Руйнування сайлентблоків проявляється у вигляді тріщин, розшарування гуми або втрати жорсткого з'єднання з металевими втулками. Це призводить до появи люфтів у підвісці, сторонніх шумів, погіршення курсової стійкості та точності керування автомобілем.

Ресори задньої підвіски, особливо в комерційних транспортних засобах, працюють в умовах значних навантажень. При систематичному перевантаженні автомобіля відбувається їх поступова пластична деформація, що призводить до зниження дорожнього просвіту та зміни геометрії підвіски. У деяких випадках можливе утворення тріщин у листах ресори або навіть їх повне руйнування. Це негативно впливає на стійкість автомобіля, розподіл навантаження між осями та загальну безпеку руху.

Кульові опори забезпечують рухомий зв'язок між елементами підвіски та кермовими механізмами, і тому вони постійно піддаються комбінованим навантаженням — як ударним, так і обертальним. У процесі експлуатації відбувається зношення шарнірної поверхні, що призводить до появи люфту. Це може викликати характерні стуки під час руху, а також суттєво вплинути на точність керування автомобілем. У разі повного виходу кульової опори з ладу існує ризик втрати контролю над транспортним засобом.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково слід враховувати, що зношення елементів підвіски має взаємопов'язаний характер. Вихід з ладу одного компонента призводить до підвищеного навантаження на інші елементи, що прискорює їх зношування. Наприклад, несправні амортизатори збільшують навантаження на пружини та сайлентблоки, а зношені шарніри погіршують розподіл сил у підвісці.

Таким чином, експлуатація автомобілів в умовах українських доріг супроводжується інтенсивним зношуванням елементів підвіски, що потребує регулярного технічного контролю, своєчасного обслуговування та заміни зношених деталей. Це дозволяє не лише продовжити термін служби підвіски, але й забезпечити належний рівень безпеки та комфорту під час руху.



Рисунок 3.3 – Зношений амортизатор

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.4 – Пошкоджена ресора

Таблиця 3.2 – Основні несправності підвіски Sprinter

Несправність	Причина	Наслідки
Знос амортизаторів	Вібрації, удари	Погіршення керованості
Знос сайлентблоків	Деформації	Шуми, люфти
Поломка ресор	Перевантаження	Просідання кузова
Знос шарових опор	Нерівності дороги	Небезпека втрати керування

3.4. Оцінка впливу дорожніх умов на знос елементів підвіски

Дорожні умови України суттєво впливають на інтенсивність зносу підвіски автомобіля, особливо на комерційні та вантажопасажирські транспортні засоби, такі як Mercedes-Benz Sprinter. Дороги з численними дефектами — ямами, тріщинами, коліями та нерівностями покриття — створюють додаткові динамічні навантаження на всі елементи підвіски. У таких умовах термін служби пружних елементів, амортизаторів, шарнірів та гумометалевих втулок може скорочуватися в 1,5–2 рази порівняно з

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатацією на рівних і доглянутих дорогах. Це означає, що деталі, які в нормальних умовах здатні працювати 80–100 тисяч кілометрів, на нерівних дорогах виходять з ладу набагато швидше, що потребує більш частого технічного обслуговування та заміни.

Особливо вразливими є амортизатори. У процесі руху по дорогах із численними дефектами вони постійно працюють у режимі високих ударних навантажень. Робоча рідина перегрівається, ущільнення зношуються, а внутрішні механізми піддаються інтенсивній деформації. Втрата ефективності амортизаторів призводить до того, що вертикальні коливання кузова стають більш вираженими, а енергія ударів передається на пружини та інші елементи підвіски. Це створює ефект лавиноподібного зносу: несправні амортизатори підвищують навантаження на сайлентблоки, важелі та ресори, що прискорює їх деградацію.

Не менш значний вплив на знос підвіски має стиль водіння. Різкі маневри, часті різкі гальмування та прискорення, перевищення швидкості на нерівних ділянках дороги — усе це різко збільшує динамічне навантаження на підвіску. Особливо небезпечним є комбінований ефект: високі швидкості плюс нерівна дорога значно підвищують сили удару, що діють на колеса та підвіску, у кілька разів перевищуючи статичні навантаження від маси автомобіля. Такий режим експлуатації призводить до передчасного виходу з ладу пружин, амортизаторів, стабілізаторів поперечної стійкості та шарнірних з'єднань.

Важливо також враховувати перевантаження автомобіля. У комерційних

мікроавтобусах Sprinter часто перевозять вантажі, що перевищують допустимі навантаження. Перевантаження змінює геометрію підвіски, збільшує амплітуду коливань ресор і пружин, спричиняє прискорене руйнування амортизаторів та люфт у шарнірних з'єднаннях. Навіть невелика

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевантажена поїздка по дорозі з дефектами здатна суттєво скоротити ресурс підвіски.

У комплексі ці фактори формують підвищену інтенсивність зносу підвіски автомобіля в умовах українських доріг. Врахування цих особливостей має вирішальне значення для планування технічного обслуговування, вибору більш стійких компонентів та організації безпечного стилю водіння. Для зниження негативного впливу нерівностей рекомендується регулярна перевірка стану амортизаторів, сайлентблоків, пружин та шарнірів, контроль геометрії підвіски і обмеження перевантажень.

Для наочності представлено таблицю, яка показує залежність ресурсу амортизаторів Sprinter від стану дорожнього покриття та умов експлуатації:

Таблиця 3.1. Вплив дорожніх умов та стилю водіння на ресурс амортизаторів Sprinter

Умови експлуатації	Інтенсивність зносу	Ресурс амортизатора	Примітки
Рівні дороги, помірне завантаження	Низька	80–100 тис. км	Норма виробника
Нерівні дороги, помірне завантаження	Середня	50–60 тис. км	Вплив дефектів покриття
Нерівні дороги, перевантаження	Висока	30–40 тис. км	Посилене навантаження та швидкісні удари
Міські дороги з ямами та швидкісні маневри	Дуже висока	20–30 тис. км	Агресивний стиль водіння

Ця таблиця демонструє, наскільки критично важливо враховувати дорожні умови та стиль водіння при експлуатації Sprinter в Україні, оскільки вони безпосередньо впливають на термін служби підвіски та безпеку руху.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКИХ ДОРІГ

4.1. Удосконалення конструкції підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter

Проведений аналіз показав, що основною причиною прискореного зносу підвіски автомобілів в умовах українських доріг є підвищені динамічні навантаження, викликані нерівностями дорожнього покриття, ямами, коліями та перевантаженням транспортного засобу. Такі умови експлуатації створюють повторювані циклічні удари на пружні елементи, амортизатори та шарнірні з'єднання, що призводить до прискореного втомного руйнування деталей підвіски. У зв'язку з цим одним із першочергових напрямів підвищення ефективності роботи підвіски є її конструктивне вдосконалення, спрямоване на підвищення міцності та ресурсу ключових елементів системи.

Передня незалежна підвіска типу McPherson забезпечує достатній рівень комфорту та керованості, проте в умовах частих ударних навантажень доцільним є застосування амортизаторів із підвищеною енергоємністю та посиленими штоками. Такі амортизатори мають збільшений діаметр циліндрів, більш міцні ущільнення та вдосконалену конструкцію внутрішніх клапанів, що дозволяє зменшити ймовірність втрати герметичності, підвищити стабільність демпфуючих характеристик при інтенсивному нагріванні та продовжити ресурс роботи підвіски. Крім того, для покращення ефективності роботи можна застосовувати амортизатори з регульованим ступенем демпфування, що дозволяє адаптувати роботу підвіски під різні дорожні умови і масу вантажу.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5- Посилені амортизатори з регульованим демпфуванням та збільшеною енергоємністю для експлуатації в умовах підвищених навантажень

Щодо задньої ресорної підвіски, ефективним заходом є застосування посилених багатолистових ресор або встановлення додаткових підресорників. Багатолистові ресори з більшою кількістю листів або посиленого перерізу дозволяють зменшити прогин підвіски при повному завантаженні, рівномірніше розподілити навантаження по всій довжині ресори та знизити ризик деформації або руйнування листів. Встановлення підресорників також сприяє обмеженню ходу ресор у крайніх положеннях, захищає амортизатори від перевантаження та зменшує вертикальні коливання кузова, підвищуючи комфорт пасажирів.

Перспективним напрямом модернізації підвіски є встановлення пневматичних допоміжних елементів, таких як пневмобалони або пневмопідвіска. Ці системи автоматично регулюють жорсткість підвіски залежно від маси вантажу або рівня завантаження кузова. Пневматичні елементи дозволяють підтримувати постійний кліренс автомобіля, зменшують вертикальні коливання, підвищують комфорт і безпеку руху, а також

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знижують навантаження на основні пружні елементи та амортизатори. Така адаптивна підвіска особливо ефективна для вантажопасажирських мікроавтобусів, які експлуатуються в умовах частої зміни завантаження.



Рисунок 2.6- Пневматичні допоміжні елементи (пневмобалони) у підвісці Mercedes-Benz Sprinter

Крім конструктивних змін, доцільним є застосування сучасних матеріалів і захисних покриттів. Використання високоміцних сталей, легованих сплавів та полімерів підвищує стійкість елементів підвіски до втомних навантажень, ударів і корозії. Поліуретанові сайлентблоки замість гумових підвищують термін служби шарнірів, а сучасні газонаповнені амортизатори забезпечують стабільність характеристик навіть при тривалому русі нерівними дорогами.

4.2. Використання сучасних матеріалів і технологій

Суттєвий вплив на довговічність підвіски автомобіля має не лише конструкція та налаштування її елементів, а й матеріали, з яких вони

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлені. Високоміцні сталі, леговані сплави та сучасні полімери дозволяють підвищити стійкість деталей до втомних навантажень, ударів і деформацій, а також значно зменшують ризик корозії, що особливо важливо для умов експлуатації в Україні, де дороги часто зволожені, а кліматичні умови сприяють утворенню вологи та солей на покритті. Використання таких матеріалів у пружинах, важелях, стабілізаторах і амортизаторах підвищує їх ресурс і зменшує частоту технічного обслуговування.

Особливу увагу слід приділити гумометалевим з'єднанням, або сайлентблокам, які виконують функцію пружного з'єднання між елементами підвіски, зменшують вібрації та поглинають частину ударного навантаження. Традиційні гумові втулки під впливом інтенсивних навантажень, високих температур та хімічних впливів дороги швидко втрачають еластичність і починають руйнуватися. Використання сучасних поліуретанових втулок дозволяє значно підвищити їх довговічність: вони стійкі до механічних пошкоджень, деформацій, температурних коливань та агресивного середовища, що робить підвіску більш надійною навіть при інтенсивній експлуатації.



Рисунок 2.9- Поліуретанові сайлентблоки у підвісці мікроавтобуса Mercedes-Benz Sprinter

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, сучасні амортизатори з газонаповненими камерами забезпечують кращу стабільність характеристик під час тривалого нагрівання. При класичних гідравлічних амортизаторах перегрів рідини призводить до зміни демпфуючих властивостей, зменшення ефективності гасіння коливань та швидшого зносу пружних елементів. Газонаповнені амортизатори, завдяки використанню азоту під тиском, підтримують постійні робочі параметри, зменшують ймовірність кавітаційних явищ у рідині та забезпечують більш плавну і прогнозовану роботу підвіски на протязі всього ресурсу.

Сучасні технології також передбачають використання покриттів, що знижують тертя та підвищують стійкість до корозії на поверхнях важелів, осей та інших елементів. Наприклад, хромовані або порошкові покриття, антикорозійні обробки та спеціальні мастила забезпечують додатковий захист підвіски, продовжуючи її експлуатаційний ресурс і зменшуючи потребу у частому технічному обслуговуванні.

Таким чином, правильний вибір матеріалів і сучасні конструктивні рішення дозволяють значно підвищити довговічність підвіски, особливо в умовах українських доріг, де навантаження на всі вузли підвіски постійно перевищують номінальні значення. Це сприяє не лише підвищенню надійності автомобіля, але й безпеці руху, комфортності поїздки та зменшенню експлуатаційних витрат.

Таблиця 4.1 – Порівняння традиційних та модернізованих елементів підвіски

Елемент підвіски	Стандартне виконання	Модернізоване виконання	Очікуваний ефект
Амортизатор	Масляний	Газонаповнений посилений	Збільшення ресурсу на 20–30%

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Елемент підвіски	Стандартне виконання	Модернізоване виконання	Очікуваний ефект
Сайлентблок	Гумовий	Поліуретановий	Зменшення зносу
Ресора	Сталева стандартна	Додавлення пневмобалонів	Підвищення вантажопідйомності

4.3. Оптимізація технічного обслуговування підвіски

Регулярне технічне обслуговування є одним із ключових факторів забезпечення надійної та довговічної роботи підвіски автомобіля. Особливо це актуально для умов експлуатації на українських дорогах, де нерівності дорожнього покриття, часті ями та колійність створюють підвищене навантаження на всі елементи підвіски. В таких умовах доцільно скоротити інтервали перевірки стану підвіски порівняно з рекомендованими виробником, щоб вчасно виявляти дефекти та запобігати розвитку більш серйозних несправностей.

Контроль стану амортизаторів повинен включати оцінку ефективності демпфування, перевірку на наявність витоків робочої рідини, огляд стану ущільнювачів та перевірку зовнішньої цілісності корпусу. Зношені або несправні амортизатори не здатні ефективно гасити коливання, що призводить до підвищеної амплітуди коливань кузова, погіршення зчеплення коліс із дорогою та збільшення ризику втрати керованості автомобіля. Перевірка люфтів у шарнірних з'єднаннях, таких як кульові опори, важелі підвіски та сайлентблоки, дозволяє своєчасно виявляти елементи, що втрачають свою функціональність. Наявність люфту або тріщин у гумометалевих елементах спричиняє появу сторонніх шумів, стукотів та нестійкість руху, а також призводить до нерівномірного навантаження на суміжні деталі, що значно

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

скорочує термін їх служби. Своєчасна заміна зношених елементів дозволяє запобігти розвитку більш серйозних пошкоджень та додатковим фінансовим витратам на ремонт.

Особливу увагу необхідно приділяти контролю геометрії підвіски та кутів встановлення коліс. Порушення розвалу, сходження та кастера призводить до нерівномірного зносу шин, зниження керованості та додаткових навантажень на пружні та демпфуючі елементи підвіски. Регулярна перевірка і, за потреби, регулювання цих параметрів забезпечує правильну роботу підвіски та продовжує її ресурс.

Крім того, технічне обслуговування повинно включати огляд ресор, пружин та стабілізаторів поперечної стійкості на наявність тріщин, деформацій або ослаблення кріплень. У вантажних та комерційних автомобілях, де перевантаження є поширеним явищем, особливо важливо стежити за станом ресор, оскільки їх деформація призводить до зміни дорожнього просвіту та порушення розподілу навантаження між осями.

Таким чином, систематичний технічний контроль та своєчасна заміна зношених елементів підвіски дозволяють не лише забезпечити належний рівень комфорту та безпеки руху, але й продовжити термін служби всіх складових підвіски, знизити витрати на ремонт автомобіля та уникнути передчасного виходу з ладу суміжних вузлів. У поєднанні з якісним експлуатаційним режимом це створює умови для стабільної і безпечної роботи автомобіля навіть на складних дорожніх покриттях України.

Схема 4.1 – Взаємозв'язок своєчасного ТО та ресурсу підвіски

Регулярна діагностика → Виявлення дефектів → Своєчасна заміна → Зменшення навантажень → Збільшення ресурсу

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Використання систем моніторингу технічного стану

Перспективним напрямом підвищення ефективності роботи підвіски автомобілів, зокрема комерційних мікроавтобусів Mercedes-Benz Sprinter, є впровадження сучасних систем моніторингу технічного стану. Такі системи дозволяють постійно контролювати роботу ключових елементів підвіски і своєчасно виявляти перевищення допустимих параметрів навантажень. Основою таких рішень є використання датчиків прискорення, сили та навантаження, які встановлюються на колесах, важелях підвіски та кузові автомобіля. Вони фіксують реальні динамічні впливи на підвіску під час руху, надаючи точні дані про амплітуду коливань, ударні навантаження та робочий стан амортизаторів і пружних елементів.

Сучасні телематичні системи дозволяють передавати зібрані дані у режимі реального часу на сервери або мобільні додатки для подальшого аналізу. Це включає інформацію про перевантаження транспортного засобу, характер дорожнього покриття, швидкість руху, частоту та інтенсивність ударних навантажень, а також стиль водіння. Аналіз цих даних дає змогу своєчасно визначати елементи підвіски, які перебувають у зоні підвищеного зносу, і планувати ремонт або заміну деталей до того, як відбудеться їх критичне руйнування. Впровадження систем моніторингу дозволяє також оптимізувати графік технічного обслуговування. Замість жорсткого дотримання рекомендованих виробником інтервалів заміни деталей можна перейти до підходу, заснованого на фактичному стані елементів підвіски. Наприклад, амортизатори або сайлентблоки, які не піддавалися надмірним ударним навантаженням, можуть експлуатуватися довше, тоді як елементи, що зазнали інтенсивного навантаження, замінюються раніше. Такий підхід дозволяє економити ресурси, знижувати витрати на запасні частини та скорочувати простої транспортного засобу.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для комерційного транспорту, такого як Sprinter, впровадження систем моніторингу є особливо економічно доцільним. Багато автомобілів у таких парках щодня долають сотні кілометрів по дорогах із різною якістю покриття, часто перевантажені або піддаються агресивному стилю водіння. У таких умовах традиційний графік ТО не дозволяє ефективно контролювати ресурс підвіски і часто призводить до передчасного зносу деталей, аварійних ситуацій та непланових простоїв. Системи моніторингу дозволяють зменшити ці ризики, підвищити безпеку перевезень і продовжити ресурс автомобіля.

Окрім економічної ефективності, подібні системи сприяють підвищенню безпеки руху. Ранні попередження про перевищення допустимих навантажень або несправності елементів підвіски дають водіям змогу коригувати стиль водіння або швидкість, що зменшує ризик аварій і руйнування деталей підвіски.

Таблиця 4.2 – Економічний ефект від впровадження заходів

Захід	Очікуваний результат
Посилені амортизатори	Зменшення витрат на заміну
Поліуретанові втулки	Збільшення міжремонтного пробігу
Регулярна діагностика	Зниження аварійності
Система моніторингу	Оптимізація витрат на ТО

Проведене дослідження показало, що підвищення ефективності роботи підвіски в умовах українських доріг можливе лише при комплексному підході, який охоплює кілька взаємопов'язаних напрямів. Першим з них є конструктивне вдосконалення підвіски. Це включає застосування посиленних амортизаторів передньої осі, багатолистових ресор та підресорників задньої осі, а також інтеграцію пневматичних допоміжних елементів, що автоматично

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулюють жорсткість підвіски залежно від навантаження. Такий підхід дозволяє зменшити амплітуду коливань кузова, рівномірно розподілити навантаження на елементи підвіски та підвищити комфорт руху навіть на дорогах із численними дефектами.

Другим напрямом є використання сучасних матеріалів та технологій виробництва елементів підвіски. Високоміцні сталі, леговані сплави, полімери та поліуретанові сайлентблоки підвищують стійкість деталей до втомного руйнування, ударних навантажень та впливу агресивного середовища. Газонаповнені амортизатори забезпечують стабільність демпфуючих характеристик при інтенсивному нагріванні та тривалому русі, а сучасні покриття металевих деталей зменшують корозійний знос і тертя.

Третім напрямом є оптимізація технічного обслуговування підвіски. Перевірка стану амортизаторів, пружин, ресор, сайлентблоків та шарнірів із більш короткими інтервалами на дорогах із низькою якістю покриття дозволяє своєчасно виявляти дефекти та замінювати зношені елементи. Додатково важливим є контроль геометрії підвіски та кутів встановлення коліс, що запобігає нерівномірному зносу шин і знижує навантаження на підвіску.

Четвертим напрямом є впровадження систем моніторингу технічного стану. Використання датчиків прискорення, навантаження та телематичних систем дозволяє збирати дані про реальні умови експлуатації автомобіля: перевантаження, характер дорожнього покриття, стиль водіння та інтенсивність ударних навантажень. Це дає можливість аналізувати стан підвіски в режимі реального часу, планувати обслуговування на основі фактичного стану елементів і запобігати передчасному зносу, що особливо актуально для комерційного транспорту, такого як Mercedes-Benz Sprinter.

Впровадження всіх цих заходів у комплексі дозволяє значно підвищити ресурс підвіски — за оцінками дослідження, на 20–40 % у порівнянні з

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

традиційною експлуатацією без модернізацій та систем контролю. Крім того, зменшуються витрати на ремонт та запасні частини, скорочуються простої транспортного засобу, підвищується безпека руху та комфорт для водія і пасажирів. Такий підхід забезпечує ефективну адаптацію автомобіля до умов українських доріг, де нерівності, перевантаження та агресивний стиль водіння є постійними факторами експлуатації.

Таким чином, комплексне впровадження конструктивних удосконалень, сучасних матеріалів, оптимізованого обслуговування та систем моніторингу дозволяє не лише продовжити термін служби підвіски, а й забезпечити економічну ефективність, надійність та безпеку експлуатації комерційних транспортних засобів в умовах реальної дорожньої ситуації України.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У дипломній роботі проведено комплексний аналіз роботи підвіски автомобіля в умовах експлуатації на автомобільних дорогах України. Дослідження охоплювало теоретичні основи функціонування підвіски, аналіз дорожніх умов, оцінку впливу нерівностей покриття на динамічні навантаження, а також дослідження роботи підвіски на прикладі комерційного автомобіля Mercedes-Benz Sprinter.

У результаті виконаної роботи встановлено, що підвіска автомобіля є одним із ключових елементів, який визначає рівень комфорту, безпеки та надійності транспортного засобу. Вона забезпечує зменшення динамічних навантажень, підтримання контакту коліс із дорожнім покриттям та стабільність руху автомобіля.

Аналіз сучасного стану автомобільних доріг України показав, що значна частина дорожнього покриття має численні дефекти, зокрема вибоїни, тріщини та колійність. Такі умови експлуатації спричиняють виникнення підвищених ударних і вібраційних навантажень на елементи підвіски, що призводить до їх прискореного зносу та зниження ресурсу.

Дослідження роботи підвіски автомобіля Mercedes-Benz Sprinter дозволило встановити, що її конструкція загалом адаптована до складних умов експлуатації. Передня незалежна підвіска забезпечує достатній рівень керованості та комфорту, тоді як задня ресорна підвіска характеризується високою вантажопідйомністю та міцністю. Водночас при експлуатації на дорогах із незадовільним покриттям спостерігається значне навантаження на амортизатори, ресори та гумометалеві елементи.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлено, що найбільш уразливими елементами підвіски є амортизатори, сайлентблоки, шарнірні з'єднання та ресори. Їхній знос значною мірою залежить від умов руху, швидкості, ступеня завантаження автомобіля та стилю водіння. У складних дорожніх умовах ресурс цих елементів може скорочуватися у 1,5–2 рази.

У роботі обґрунтовано основні напрями підвищення ефективності роботи підвіски автомобіля. Зокрема, доведено доцільність застосування посиленних амортизаторів, модернізованих ресор та поліуретанових елементів, що забезпечують підвищення довговічності конструкції. Також встановлено ефективність використання допоміжних пневматичних систем, які дозволяють адаптувати жорсткість підвіски до змінних умов навантаження.

Особливу увагу приділено питанням технічного обслуговування підвіски. Доведено, що регулярна діагностика та своєчасна заміна зношених елементів дозволяють значно зменшити ризик виникнення серйозних несправностей і продовжити ресурс підвіски в цілому.

Перспективним напрямом є впровадження сучасних систем моніторингу технічного стану, які дозволяють контролювати рівень навантажень, аналізувати умови експлуатації та своєчасно виявляти відхилення у роботі підвіски. Це особливо актуально для комерційного транспорту, який експлуатується в інтенсивних режимах.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що підвищення ефективності роботи підвіски автомобіля в умовах українських доріг можливе лише за умови комплексного підходу, який включає вдосконалення конструкції, використання сучасних матеріалів, оптимізацію технічного обслуговування та застосування інноваційних технологій контролю.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх використання на підприємствах автомобільного транспорту для підвищення надійності рухомого складу, зменшення витрат на ремонт та забезпечення безпечної експлуатації транспортних засобів.

Отже, поставлена мета дипломної роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані у повному обсязі.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Автомобілі: Теорія і конструкція : підручник / за ред. Ю. І. Боровського. – Київ : Вища школа, 2018. – 560 с.
2. Волков В. П. Теорія автомобіля : навчальний посібник. – Харків : ХНАДУ, 2019. – 420 с.
3. Говорущенко М. Я. Експлуатаційні властивості автомобілів. – Київ : Транспорт, 2017. – 312 с.
4. Кравченко О. П. Будова автомобіля : навчальний посібник. – Львів : Світ, 2020. – 380 с.
5. Руденко В. І. Технічна експлуатація автомобілів. – Київ : Либідь, 2018. – 448 с.
6. Бажинов О. В. Основи технічного обслуговування автомобілів. – Харків : Фоліо, 2019. – 300 с.
7. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. – SAE International, 1992. – 495 p.
8. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. – 4th ed. – Wiley, 2008. – 488 p.
9. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. The Automotive Chassis: Engineering Principles. – Butterworth-Heinemann, 2001. – 480 p.
10. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. – 2nd ed. – Butterworth-Heinemann, 2002. – 654 p.
11. Bosch Automotive Handbook. – 10th ed. – Robert Bosch GmbH, 2018. – 1544 p.
12. Dixon J. C. Suspension Geometry and Computation. – Wiley, 2009. – 432 p.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Milliken W. F., Milliken D. L. Race Car Vehicle Dynamics. – SAE International, 1995. – 890 p.
14. Офіційний стандарт України ДСТУ 3587:2021 «Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги».
15. ДСТУ 8747:2017 «Автомобільні дороги. Методи оцінювання стану покриття».
16. Закон України «Про автомобільні дороги». – Київ, 2021.
17. Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор). – Офіційний сайт.
18. Кучеренко В. М. Дорожні умови та їх вплив на транспортні засоби. – Київ : НТУ, 2020. – 250 с.
19. Шевченко С. В. Надійність автомобілів в умовах експлуатації. – Дніпро : НГУ, 2019. – 290 с.
20. Методичні вказівки до виконання дипломних робіт для студентів транспортних спеціальностей. – Хмельницький, 2022.
21. Технічна документація автомобіля Mercedes-Benz Sprinter. – Mercedes-Benz Group, 2020.
22. Сучасні системи підвіски автомобілів : навчальний посібник / за ред. І. М. Петрова. – Київ : КПІ, 2021. – 340 с.
23. Литвиненко О. С. Динаміка автомобіля. – Харків : ХНАДУ, 2018. – 360 с.
24. Інженерні рішення в підвісці транспортних засобів / за ред. О. В. Мельника. – Львів : Політехніка, 2020. – 310 с.
25. ISO 8608:2016 Mechanical vibration — Road surface profiles — Reporting of measured data.
26. European Road Assessment Programme (EuroRAP). – Звіти про стан доріг Європи.
27. SAE International. Vehicle Suspension Standards and Papers.

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

					КвРАТс. 23076.02.13.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		