

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, транспортний факультет
(повне найменування факультету)

Автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Проектування задньої підвіски автомобіля категорії М1
(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) . 4 курсу, групи Т-110

Спеціальності . 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Колісні та гусеничні транспортні засоби

Баранов О.П.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник . Кубіч В.І.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент Гурмак С.М.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Машинобудівний інститут, транспортний факультет.
 Кафедра Автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок.
 Ступінь вищої освіти Бакалавр.
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування.
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Колісні та гусеничні транспортні засоби.
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри О. Яротко.

« 13 » березня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Баранов Олександр Петрович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи). Проектування задньої підвіски автомобіля категорії M1

керівник проєкту (роботи) Кубіч Вадим Іванович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 21 » 05 2024 року № 235

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12.06.2024.

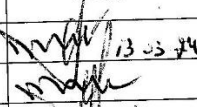
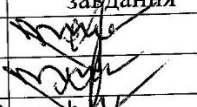
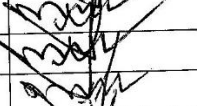
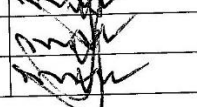
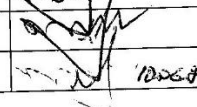
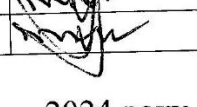
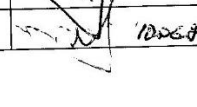
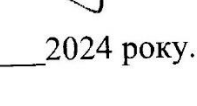
3. Вихідні дані до проєкту (роботи). автомобіль масою 710 кг, швидкість
автомобіля 145 км/год

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Загально технічний розділ. Аналітичний розділ. Діагностика та випробування підвіски автомобіля. Конструкторський розділ. Аналіз методів забезпечення експлуатаційної надійності вузла (системи).

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

Складальне креслення підвіски автомобіля M1 (1 арк. ф. A1), робочі креслення деталей підвіски (2 арк. ф. A1), складальне креслення стенда (1 арк. ф. A1), робочі креслення деталей стенда (2 арк. ф. A1).

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Кубіч В.І. к.т.н., доцент		
2	Кубіч В.І. к.т.н., доцент		
3	Кубіч В.І. к.т.н., доцент		
4	Кубіч В.І. к.т.н., доцент		
5	Кубіч В.І. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання « 01 » . 03 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Узгодження теми з керівником дипломної роботи	13.03.24 - 19.03.24	
2	Аналіз літературних джерел присвячених питанню за темою дипломної роботи	20.03.24 - 02.04.24	
3	Визначення мети та завдання дипломної роботи	03.04.24 - 05.04.24	
4	Аналіз конструкції агрегату або системи та елементів, що визначають їх технічний стан	06.04.24 - 11.04.24	
5	Аналіз обладнання яке використовуються при випробуванні та діагностиці зчеплення	12.04.24 - 16.04.24	
6	Складальні креслення, робочі креслення сполучних деталей, створення структурно-слідчої схеми.	17.04.24 - 02.05.24	
7	Оформлення пояснювальної записки до дипломної роботи	03.05.24 - 10.06.24	
8	Захист дипломної роботи	17.06.24	

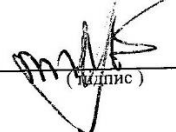
Студент(ка)


(підпис)

Олександр Баранов

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вадим Кубіч

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту: 89 с., 7 табл., 26 рис., 29 джерел, 6 форматів А1

АВТОМОБІЛЬ, АМОРТИЗАТОР, ДЕМПФУЮЧИЙ ЕЛЕМЕНТ, ПІДВІСКА, ПРУЖНИЙ ЕЛЕМЕНТ, РЕСОРА, ХОДОВА ЧАСТИНА

Мета цієї роботи - отримання теоретичних та практичних знань з конструкції та теорії основ розрахунку автомобільної підвіски, а також засвоєння навичок конструювання та використання методів розрахунку. Об'єктом розробки є задня підвіска автомобіля, а його предметом - складові конструкції елементів підвіски задньої осі автомобілів категорії М1 та їх параметри.

Методи розробки включають проведення аналізу на сучасному теоретичному рівні, використання сучасних математичних методів та технічних засобів для розрахунків відповідно обраних технічних рішень. Під час проектування було оцінено призначення, загальну будову та вимоги до підвісок автомобілів. Також розглядалися різні конструкції підвісок, їх переваги та недоліки, а також інноваційні технології в цій галузі. У результаті був проведений розрахунок елементів підвіски автомобіля.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Загально технічний розділ	8
1.1 Загальна конструкція, матеріали виготовлення, вимоги, що висуваються до конструкції задньої підвіски автомобіля категорії М1	8
1.2 Ознаки класифікації, основні кінематичні схеми	12
1.2.1 Типи підвісок, основні переваги та недоліки.....	14
1.3 Коливання та плавність ходу автомобілів	16
1.4. Можливі несправності підвіски автомобіля	17
1.5 Опис конструкції	25
1.6 Параметри автомобіля.....	27
2 Аналітичний розділ	29
2.1 Методи виробництва деталей підвіски автомобіля	29
2.2 Особливості конструкції деяких типів підвісок	30
2.3 Варіації залежної підвіски, принцип дії.....	38
2.4 Переваги та недоліки адаптивної та традиційної підвіски, технології що використовуються в конструкції підвісок автомобіля, інновації в області штучного інтелекту	41
2.5 Популярні типи систем адаптивної підвіски, міжнародні лідери.....	44
3 Діагностика та випробування підвіски автомобіля	46
3.1 Методи діагностування підвіски	47
3.1.1 Статичні методи.....	48
3.1.2 Динамічні методи	49
3.2 Дорожні випробування автомобілей на надійність	53
3.2.1 Експлуатаційні випробування.....	53
3.2.2 Полігонні випробування.....	55
3.2.3 Спеціальні випробування	56

	6
3.3 Випробування на плавність ходу.....	56
3.4 Випробувальні автомобільні полігони США Європи та Азії.....	57
3.5 Методи діагностування автомобілів.....	60
4 Конструкторський розділ.....	62
4.1 Вибір вертикальної пружної характеристики підвіски	62
4.1.1 Проектування основного пружного елемента.....	67
4.1.2 Розрахунок навантажувальних режимів.....	70
4.1.3 Розрахунок елементів підвіски на міцність.....	72
4.2 Призначення, будову та принцип роботи стенду для діагностики підвіски автомобіля	74
4.2.1 Силовий розрахунок стенду	75
4.2.2 Розрахунок міцності елементів стенду	77
5 Аналіз методів забезпечення експлуатаційної надійності вузла (системи).....	81
5.1 Забезпечення надійності	81
5.2. Шляхи підвищення надійності	83
Висновки.....	85
Перелік джерел посилання	86

ВСТУП

Підвіскою автомобіля називається сукупність пристроїв, забезпечують пружний зв'язок між несучою системою і мостами або колесами автомобіля, зменшення динамічних навантажень на несучу систему та колеса та загасання їх коливань, а також регулювання положення кузова автомобіля під час руху.

Підвіска автомобіля складається з пружного, направляючого та демпфуючого пристроїв. У деяких випадках для зменшення крену у підвіску додається стабілізуючий пристрій.

Залежно від типу напрямного пристрою всі підвіски діляться на залежні та незалежні.

Незалежні підвіски застосовують для легкових автомобілів на вантажних автомобілях високої прохідності; залежні автономні - для двовісних вантажних автомобілів та автобусів, інколи - для легкових автомобілів, а залежні балансири – для підресори двох близько розташованих мостів, наприклад, на тісних автомобілях. Вертикальне переміщення кузова при балансиричній підвісці в 2 рази менше, ніж при автономній.

Основні вимоги до підвісок такі: пружна характеристика підвіски має забезпечити високу плавність ходу, кінематична схема повинна створити умови для можливої мінімальної зміни колії та кутів установки шворнів та керованих коліс, оптимальна величина згасання коливань кузова та коліс, надійна передача від коліс кузову або рамі поздовжніх та поперечних зусиль та їх моментів, мала маса елементів підвіски і особливо без пружинних частин, достатня міцність і довговічність деталей підвіски.

1 ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна конструкція, матеріали виготовлення, вимоги, що висуваються до конструкції задньої підвіски автомобіля категорії М1

Ходова частина - комплекс механізмів, який включає систему управління, підвіску, гальма, рульове управління і колеса. Підвіска відіграє ключову роль у цій системі, забезпечуючи декілька важливих функцій, які є критичними для безпеки, комфорту та загальної експлуатації транспортного засобу [1, 5].

Підвіска - здійснює пружний зв'язок рами (кузова) автомобіля з мостами або з колесами, пом'якшуючи поштовхи та удари, що виникають при наїзд коліс на нерівності дороги [3].

Підвіска автомобіля складається з наступних основних елементів конструкції [2, 4]:

- направляючий пристрій (важелі, штанги), передає несучій системі автомобіля сили та моменти між колесом та кузовом та визначає переміщення коліс щодо несучої системи автомобіля;
- стабілізатори (служать для зменшення бокового крену та поперечних кутових нахилів);
- пружний елемент (для підвищення кутовий жорсткості підвіски);
- демпфуючий елемент (забезпечує згасання коливань);
- елементи з'єднання (шарніри, сайлент-блоки);

Підвіска автомобіля має наступну будову [1, 2, 3, 5,6].

Пружні елементи – можуть бути металевими та не металевими, вони забезпечують пружність підвіски за рахунок пружних властивостей резини, повітря та рідини. Основні типи пружних елементів [3]:

1. Листова ресора (окремі листи які зазвичай мають прямокутне січення, однакову ширину але різну довжину);
2. Спиральні пружини (виготовляють з сталюого прутка, має циліндричну форму);

3. Торсіон (в уявленні себе полягає стальний стрижень, працює на кручення);
4. Резинові пружні елементи (буфер стискування і віддачі);
5. Пневматичні (працює за рахунок стискування повітря);
6. Комбіновані (уособлює два або більше металевих та неметалевих пружних елементів).

Гасильні пристрої (амортизатори) - агрегати призначені для гасіння коливань у конструкції підвіски, що мають гідравлічну, пневматичну або комбіновану будову, а також мають такі види: однотрубні, двотрубні, комбіновані і регульовані.

Напрямні елементи - за допомогою напрямних і сполучних елементів колесо кріпиться до кузова або підрамника. Ці елементи кріплення поділяються на важелі та штанги [10];

Стабілізатор поперечної стійкості - важливий механізм авто, запобігає перехиленню машини під час їзди. Конструктивно стабілізатор складається зі стійок та штанги, яка за допомогою втулок кріпиться до підвіски. Стабілізатор складається з трьох основних деталей [11]:

- стрижень. Його також називають штангою та трубою. Вона виготовляється зі сталі. Це головна деталь стабілізатора. Тому її часто так і називають – стабілізатор. Проте це помилка. Труба – це основа системи стабілізації. Стрижень не буде виконувати функції всього механізму без інших елементів.

- кріплення. Для Ланоса використовуються гумові втулки. За їх допомогою стрижень кріпиться до підвіски. Втулки також гасять звуки та вібрації, які виникають під час роботи стабілізатора.

- тяга - вона також називається стійкою. Вона поєднує стрижень зі стійкою або важелями амортизатора. Стійка виглядає як стрижень з шарнірами.

- кріплення та тяга – найбільш вразливі елементи. Їх потрібно періодично міняти на нові. Ці запчастини витримують приблизно 30 тис. км.

Опора колеса - це вузол, який з'єднує маточину керованого колеса та важіль підвіски, сприймаючи навантаження, які виходять від коліс, і розподіляють їх на всю підвіску [12].

Елементи кріплення деталей, вузлів і агрегатів підвіски, завдання яких – з'єднувати підвіску та кузов між собою. Це жорсткі з'єднання на болтах, кульові опори чи шарніри, композитні сайлентблоки.

Матеріали, що використовуються в підвісці автомобіля, можуть включати наступні позиції[7, 8].

1. Метали:

Сталь: Використовується для виготовлення пружин, підвісних важелів, стійок амортизаторів та інших елементів.

Алюміній: Може використовуватися для створення легких компонентів підвіски, таких як частини амортизаторів.

2. Гума:

Гумові прокладки: Використовуються для амортизації та пом'якшення ударів.

Гумові подушки: Часто застосовуються в важелях підвіски та інших елементах зменшення вібрацій і шуму.

3. Пластик:

Поліуретан (вулколлан), поліамід (нейлон, ультрамід, перлон і т.д.) або політетрафторетилен (тефлон), тобто. пластмаси, які не потребують обслуговування: Може використовуватись для виготовлення буферних та амортизуючих елементів.

4. Скловолокно та композитні матеріали:

Використовуються деякі деталі підвіски для забезпечення міцності при зниженні ваги.

5. Металокераміка:

Застосовується в деяких елементах підвіски для підвищення міцності та зносостійкості.

6. Поліестер та інші синтетичні матеріали:

Можуть використовуватися в деяких компонентах підвіски для забезпечення стійкості до корозії та покращення довговічності.

Хочу додати, що технологічний процес не зупиняється на прикладі дослідження компанії Mayflower Consulting, яка у 2017 році активно займалася дослідженням областей застосування нового та міцнішого алюмінієвого сплаву для ливарного виробництва [9].

Дослідження обговорює потенційні переваги використання штампованих алюмінієвих компонентів для автомобільних підвісок. Воно наголошує, що такі компоненти можуть запропонувати значні переваги, включаючи зменшення ваги, підвищення міцності та покращення ефективності транспортних засобів. У статті також розглядаються різні приклади алюмінієвих деталей, такі як важелі підвіски та стабілізатори та їх переваги в порівнянні з традиційними сталевими компонентами. Автори відзначають, що використання алюмінію в автомобільній промисловості продовжує зростати, і пропонують, що алюмінієві штамповані компоненти можуть стати важливим напрямком розвитку для покращення характеристик автомобільних підвісок, проте конкуренція стає дедалі гострішою, оскільки залізо має вищий модуль (жорсткість), а нещодавно розроблені залізні сплави міцніші, що дозволяє зробити стінки тоншими, а також забезпечити нижчу вартість.

А також як приклад вони обговорили композитний матеріал платформи звукознімача з вуглецевого волокна, який був розроблений для заміни традиційних сталі та алюмінію, забезпечуючи переваги у зниженні ваги та корозійних характеристиках.

До підвіски автомобіля, яка забезпечить пружне з'єднання несучої системи з колесами автомобіля, висувають такі вимоги [1,2]:

- забезпечення плавкості ходу;
- забезпечення розвитку по нерівні дорогам без ударів в обмежувач;
- обмеження поперечного крену автомобіля,
- кінематична угода переміщень керованих коліс, що виключає їх коливання щодо шворнів;

- забезпечення згасання коливань кузова та колеса;
- сталість колії, кут нахилу коліс; сталість кутів нахилу шворнів;
- надійна передача від колеса до кузова;
- поздовжніх та поперечних сил;
- зниження маси безпружинних частин;
- пружна характеристика підвіски повинна забезпечувати високу плавність ходу, відсутність ударів в обмежувач ходу, протидіяти кренам при повороті, при гальмуванні та при розгоні автомобіля;
- кінематична схема повинна створити умови для можливої мінімальної зміни колії та кутів установки шворнів та керованих коліс; відповідність кінематики переміщення коліс кінематиці рульового приводу, що виключає коливання керованих коліс навколо шворнів;
- оптимальна величина згасання коливань кузова та коліс;
- надійна передача від коліс кузову або рамі поздовжніх та поперечних зусиль та їх моментів;
- мала маса елементів підвіски і особливо безпружинних частин;
- достатня міцність і довговічність деталей підвіски і особливо пружних елементів, що належать до найбільш навантажених деталей автомобіля.

1.2 Ознаки класифікації, основні кінематичні схеми

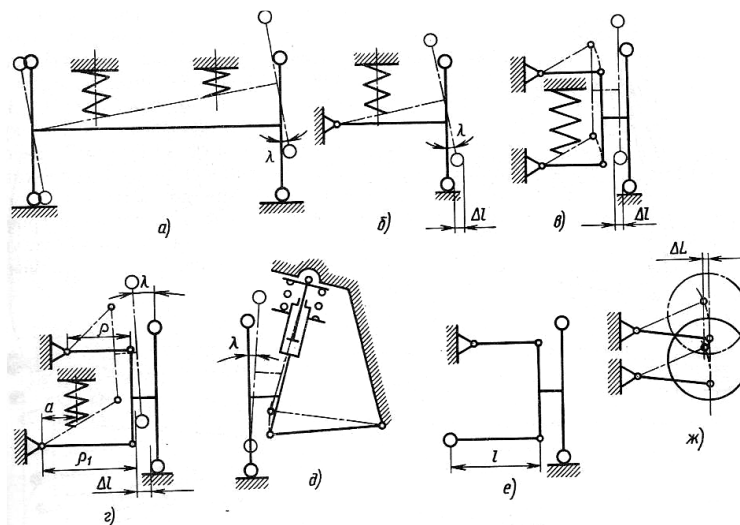
Підвіски автомобілів класифікують за такими ознаками [1, 2]:

- за типом характеристики (постійної жорсткості; змінної; прогресивна);
- за типом направляючих пристроїв (залежні, незалежні);
- за способом передачі сил і моментів від коліс (ресорна, штангова, важільна);
- за наявністю шворня;
- за типом пружного елемента (металева, неметалічна);

- за типом гасить елемента (з важільним амортизатором, з телескопічним амортизатором);
- по розташуванню площини гойдання (вертикальна, поперечна, поздовжня).

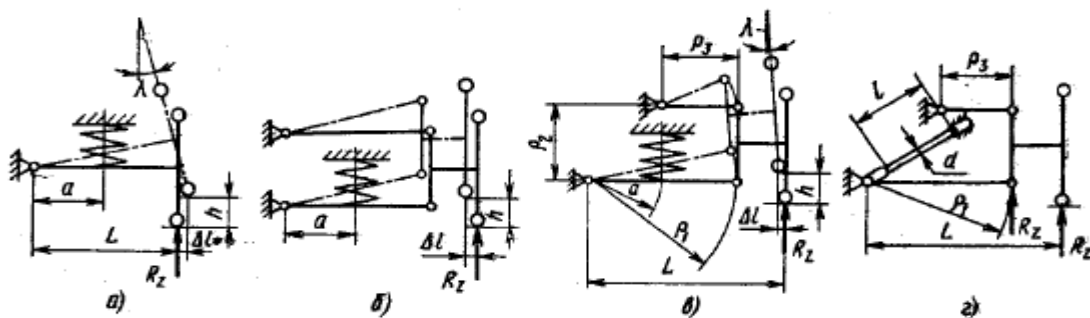
Розрізняють такі основні кінематичні схеми підвісок, рисунку 1.1:

- залежна;
- одноважільна незалежна;
- двоважільна незалежна з важелями рівної довжини;
- двоважільна незалежна з важелями різної довжини;
- незалежна важільно-телескопічна;
- незалежна двоважільна з торсіоном;
- незалежна з поздовжнім хитанням.



а - залежна; б - одноважільна незалежна; в - двоважільна незалежна з важелями рівної довжини; г - двоважільна незалежна з важелями різної довжини; д - незалежна важільно-телескопічна; е - незалежна двоважільна з торсіоном; ж - незалежна з поздовжнім хитанням

Рисунок 1.1 - Кінематичні схеми підвісок автомобілів



а - на одному важелі; б, в - на двох поперечних важелях відповідно рівної та різної довжини; г - те ж, але з торсіонним пружним елементом

Рисунок 1.2 - Кінематичні схеми підвісок з хитанням коліс у поперечній площині

1.2.1 Типи підвісок, основні переваги та недоліки

Отже, підіб'ємо підсумки та розглянемо підвіски автомобілів ближче, щоб визначити найкращі варіанти за різними критеріями, перевагами та недоліками [14].

Залежна підвіска

Особливості конструкції: два колеса, з'єднані суцільною віссю, ще таку конструкцію називають мостом.

Головна відмінність залежної підвіски від незалежної підвіски полягає в тому, що в ній колеса однієї осі суворо взаємопов'язані, тобто рух одного колеса впливає на інше колесо. Якщо одне колесо зміщується по вертикалі, то площа контакту з дорогою іншого колеса теж змінюється, отже, зменшується керованість автомобіля, особливо на високій швидкості.

Основні переваги залежної підвіски:

- висока міцність і стійкість до пошкоджень,
- великий кліренс,
- хороша прохідність по бездоріжжю,
- простота конструкції,
- недороге обслуговування.

Недоліки: керованість на високих швидкостях залишає бажати кращого, недостатня маневреність в умовах міста, невисокий рівень комфорту і невисока інформативність при рульовому управлінні.

Залежна підвіска ідеально підходить для позашляховиків.

Незалежна підвіска

Особливості конструкції: складається з різних елементів – пружин, торсіонів і важелів. Незалежна підвіска відрізняється від залежної тим, що в ній майже немає ніякого взаємозв'язку між двома колесами однієї осі, рух одного колеса може впливати на інше лише незначно.

Варіантів виконання незалежної підвіски досить багато, найпопулярніші з них – торсіонна підвіска МакФерсон (McPherson). Остання, завдяки своїй компактності, з успіхом використовується в конструкціях легкових автомобілях з переднім приводом, так як не перешкоджає поперечній установці двигуна і трансмісії.

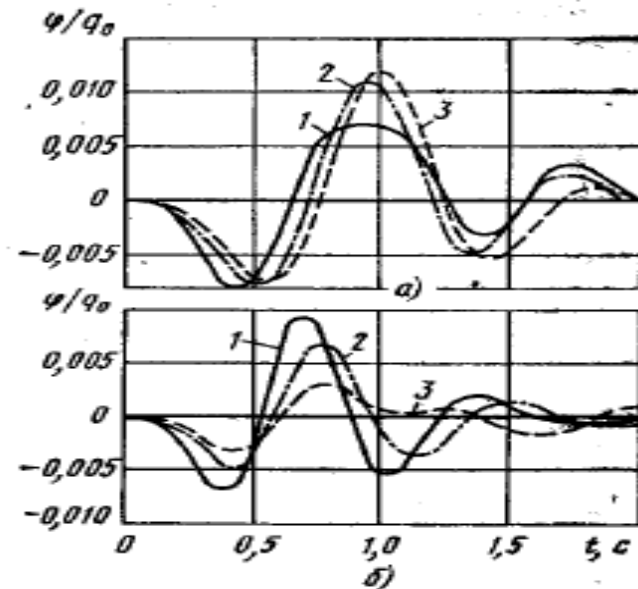
Переваги:

- великий термін служби;
- хороша керованість, в тому числі, на високій швидкості;
- достатня інформативність при управлінні;
- можна налаштовувати параметри підвіски, відповідно з певними умовами руху;
- достатня ступінь комфорту по ходу руху автомобіля.

Недоліки незалежної підвіски: висока вартість, складність конструкції, дорогий ремонт.

1.3 Коливання та плавність ходу автомобілів

При проїзді автомобілем нерівності її дія передається переднім та заднім колесам і викликає кутове переміщення кузова. Зсув часу між двома впливами залежить від бази автомобіля та швидкості руху [2].



а – 25 км/год; б – 80 км/год; 1 – 3 - ω_n / ω_x дорівнює 1,4; 1,0 та 0,8

Рисунок 1.3 - Вплив відношення ω_n / ω_x самостійних частот коливань передньої та задньої підвісок на кутові коливання автомобіля при швидкостях руху:

На рисунку 1.3 наведено криві зміни відносних кутових переміщень кузова φ/q_0 залежно від співвідношення власних частот передньої та задньої підвісок ω_n/ω_x та швидкості руху автомобіля.

При малих швидкостях зсув фаз між переміщеннями передньої та задньої частин кузова такий, що кутові коливання посилюються зі зменшенням співвідношення ω_n/ω_x (рисунок 1.3, а), а при збільшенні швидкості кутові переміщення починають зменшуватися (рисунок 1.3, б).

Тому для швидкохідних автомобілів передні підвіски виконують із меншою жорсткістю. Причому $\omega_n (0,85 \div 0,95) \omega_x$.

Плавністю ходу автомобіля називають його здатність рухатися із заданими експлуатаційними швидкостями без значних поштовхів і таких коливань кузова, які могли б надати шкідливий вплив на пасажирів, що перевозяться, вплинути на збереження вантажу та автомобіля в цілому.

Для забезпечення високої плавності ходу підвіска має забезпечувати коливання підресореної маси (кузова) легкових автомобілів із частотою – $n = 0,8 \div 1,2$ Гц; вантажних автомобілів – $n = 1,3 \div 1,9$ Гц; автобусів – $n = 1,2 \div 1,6$ Гц. Такі частоти відповідають рівню коливань тіла людини при ходьбі та є найбільш прийнятними для організму.

1.4. Можливі несправності підвіски автомобіля

Справність систем підвіски, ходової частини та рульового керування тісно взаємопов'язана, і несправності однієї з цих систем впливають на роботу інших. Недостатня плавність ходу, спричинена несправними амортизаторами, що проявляється частими «пробоями» та розгойдуванням автомобіля, знижує комфортність поїздки, збільшує динамічні навантаження на елементи автомобіля, скорочує їхній термін служби та сприяє нерівномірному зносу протекторів шин.

Основні причини поломки підвіски автомобіля [5, 13]:

- Деформація лонжерона рами
- Порушення паралельності осей заднього і переднього мостів.
- Неправильний зазор в підшипниках коліс ходової спереду.
- Зазнала пошкодження верхня опора однієї з телескопічних стійок
- Різна жорсткість пружин.
- Деформація важелів передньої підвіски автомобіля.
- Порушені кути установки коліс спереду.
- Відведення машини в сторону від руху по прямій.
- Підвищений осьове биття колеса або шини.
- Опустилися або зламалися ресори і деталі підвіски.
- Вийшли з ладу амортизатори.

- Деформація або пошкодження коліс
- Пошкоджено ресори.
- Пошкоджені або зносилися нижній шарнір підвіски або шарніри рульового приводу.
- Незадовільний стан підшипників маточин коліс.
- Підвіска видає шуми або стукає під час руху машини.
- Деформація дисків коліс
- Підвищений знос або зазор в підшипниках коліс.
- Зламалася пружина.
- Зносилися кульові шарніри важелів або гумові / металеві шарніри важелів підвіски.
- Опустилися штанги стабілізатора поперечної стійкості або болти кріплення амортизаторів.
- Скриплять і стукають амортизатори.
- Деталі амортизаторів зламалися
- Амортизатори закріплені погано.
- Ослабіло кріплення резервуара або поршня.
- Витік рідини.
- Деформованими кожух внаслідок ударів.
- Зносилися гумові втулки в провушинах
- Нерівномірний або підвищений знос шин.
- Пошкодження елементів кріплення стабілізатора поперечної стійкості або його самого.
- Просів або пошкоджена пружина підвіски або не працюють елементи підвіски.
- Несправні амортизатори.
- З амортизаторів підтікає рідина.
- Руйнування або знос сальника штока.
- У амортизаторі надмірна кількість рідини.

- Задири, ризики, забоїни на штоку.
- На ущільнювальні кромки сальника потрапляють сторонні частинки.

Можливі несправності, причини та ремонт підвіски представлені у таблицях 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 [5, 13, 15].

Таблиця 1.1 - Можливі несправності передньої підвіски, передніх коліс та їх причини

Ознаки технічного стану	Причини несправності
1	2
Відхилення автомобіля від прямолінійного руху на рівній дорозі	1. Різний тиск у шинах. 2. Різний кут поздовжнього нахилу осі повороту. 3. Порушення кутів розвалу передніх коліс. 4. Руйнування та осідання однієї з опор телескопічної стійки. 5. Нерівномірне просідання пружин передньої підвіски. 6. Відчутна нерівномірність у зносі шин. 7. Різна жорсткість бічних стінок шин. 8. Збільшений дисбаланс передніх коліс.
Підвищений або нерівномірний знос протектора шини	1. Порушення сходження та кутів установки передніх або задніх коліс. 2. Занадто висока швидкість під час повороту. 3. Занадто різке прискорення автомобіля з пробуксовкою ведучих коліс. 4. Часте гальмування з блокуванням коліс. 5. Перевантаження автомобіля. 6. Збільшений дисбаланс коліс. 7. Підвищений знос кульових шарнірів та неметалевих шарнірів підвіски і рульового приводу. 8. Погнуті лонжерони або кронштейни кріплення стабілізатора і важелів підвіски.

Продовження Таблиці 1.1

1	2
Шум і стукіт при русі	1. Втрата жорсткості кріплень скоб або шарнірів стабілізатора поперечної стійкості, поворотного кулака передньої підвіски, важеля кермової трапеції, сайлентблоків важелів підвіски та опори стійки. 2. Зношування гумового елемента опори телескопічної стійки або деформація фланців її арматури. 3. Зношування підшипників передніх коліс або ослаблення кріплення гайки маточини. 4. Зношування кульових шарнірів передньої підвіски та рульового механізму. 5. Прогин або руйнування пружини передньої підвіски. 6. Пошкодження буферів стиснення чи відбою. 7. Підвищений дисбаланс передніх коліс.

Таблиця 1.2 - Можливі несправності задньої підвіски та їх причини

Ознаки технічного стану	Причини несправності
1	2
Крен автомобіля від прямолінійного руху	1. Поломка однієї з пружин підвіски. 2. Вигин важелів або поперечної штанги. 3. Зношування сайлентблоків важелів або сайлентблоків поперечної штанги.
Шум у підвісці при русі автомобіля	1. Зламани амортизатори. 2. Ослабло кріплення амортизаторів або зносилися втулки провусин амортизаторів та гумові подушки. 3. Зносилися сайлентблоки важелів або сайлентблоки поперечної штанги. 4. Просідання або поломка пружини амортизатора. 5. Шум підвіски внаслідок руйнування буфера ходу стиснення або несправності амортизаторів. 6. Поломка ладу підшипника маточини.

Таблиця 1.3 - Можливі несправності стійок амортизаторів та їх причини

Ознаки технічного стану	Причини несправності
1	2
Стійка амортизатора негерметична, протікання рідини	1. Послабло затягування гайки резервуара віброізолятора. 2. Пошкоджено або зношено гумову манжету (сальник) штока або гумове кільце резервуара. 3. Пошкоджено або зношено робочу поверхню штока. 4. Негерметичні зварні шви резервуару.
Шток стійки амортизатора має (без зусилля) переміщення на початку ходу стиснення або відбою (розтягування), що не усувається прокачуванням	1. Зменшено кількість рідини у стійці гідравлічного амортизатора. 2. Порушено працездатність впускного або перепускного клапана.
Стійка амортизатора не розвиває достатнього опору при ході стиснення	1. Негерметичність клапана стиснення через засмічення. 2. Зношування робочої поверхні. 3. Зношування, деформація або руйнування (пошкодження) деталей клапана стиснення або впускного клапана.
Стійка амортизатора не розвиває достатнього опору при ході відбою	1. Негерметичний клапан відбою через засмічення або пошкодження його деталей. 2. Зменшилося зусилля пружини клапана відбою («осіла»). 3. Порушено працездатність перепускного клапана. 4. Зношування деталей, що призводить до збільшеного перетікання рідини по зазорах або глибоких ризиків зношеного поршня та його кільця, циліндра, штока та напрямної.

Таблиця 1.4 - Основні несправності підвіски та їх причини

Ознаки технічного стану	Причини несправності
1	2
Відведення убік під час руху	1. Порушення кута встановлення передніх коліс. 2. Деформація важеля підвіски. 3. Зниження жорсткості пружини; ушкодження верхньої опори амортизатора. 4. Пошкодження стабілізатора поперечної стійкості. 5. Зниження жорсткості пружини.
Розгойдування при поворотах та гальмуванні	1. Несправності амортизатора. 2. Знос втулок або пошкодження стабілізатора поперечної стійкості.
Вібрація у русі	1. Порушення кута встановлення передніх коліс. 2. Знос амортизатора.
Пробої підвіски	1. Поломка пружини. 2. Несправності амортизатора. 3. Знос гумометалевих або кульових елементів кріплення підвіски.
Підвищений або нерівномірне знос шин	1. Деформація важеля підвіски. 2. Зниження жорсткості пружини. 3. Несправності амортизатора. 4. Знос гумометалевих або кульових елементів кріплення підвіски.
Стук при русі	1. Порушення кута встановлення передніх коліс деформація важеля підвіски. 2. Знос гумометалевих або кульових елементів кріплення підвіски.

Таблиця 1.5 - Поломки підвіски та їх усунення

Причина поломки	Усунення або запобігання
1	2
Шум і стукіт в підвісці при русі автомобіля	
Ослаблення затягування болтів, що кріплять штангу стабілізатора поперечної стійкості на лонжеронах кузова або на нижніх важелях підвіски	Перевірити стан гумових подушок, потім підтягти болти і гайки кріплення штанги, при зносі гумових подушок замінити їх
Несправність амортизаторів	Відремонтувати амортизатори
Знос резино-металевих шарнірів важелів підвіски	Зняти і замінити шарніри
Ослаблення кріплення амортизаторів або знос гумових втулок вушок амортизаторів	Затягнути болти і гайки кріплення амортизаторів, замінити резино-металеві втулки в вушку амортизатора
Знос деталей кульових опор підвіски	Замінити кульові опори в комплекті
Знос або підвищений зазор в підшипниках коліс	Зняти колесо, маточину з гальмівним диском, перевірити технічний стан підшипників, при необхідності замінити їх і відрегулювати зазор
Не піддаються регулюванню кути установки передніх коліс	
Деформація осі нижнього важеля	Замінити вісь

Продовження таблиці 1.5

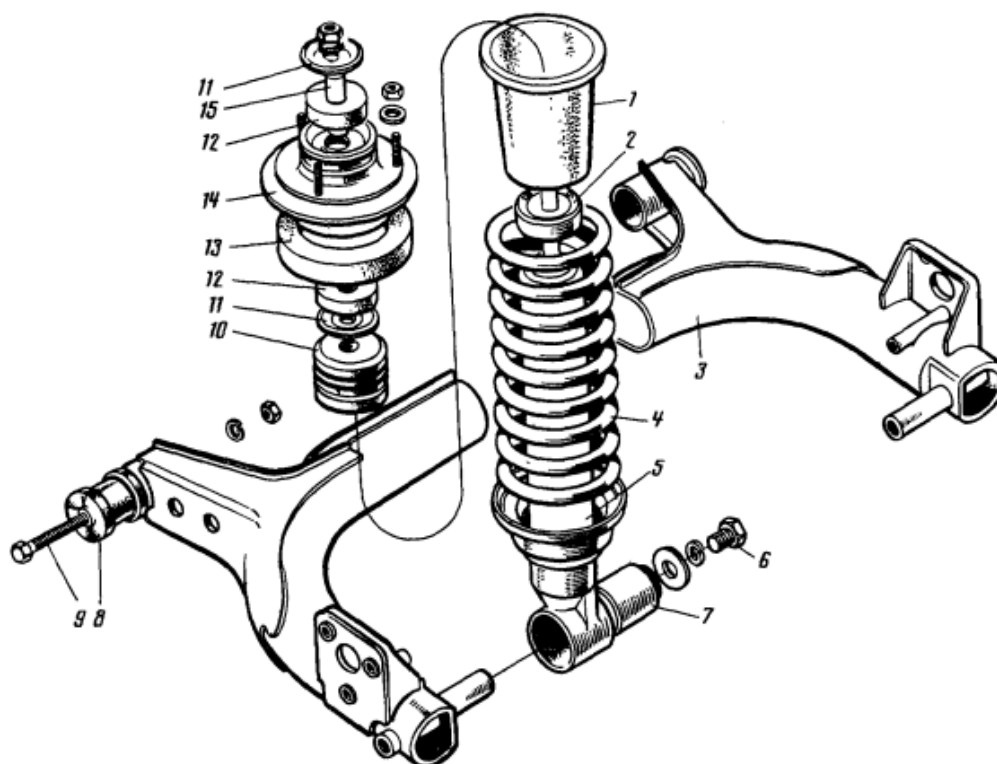
1	2
Відведення автомобіля від прямолінійного руху	
Порушення кутів установки передніх коліс	Перевірити і відрегулювати установку коліс.
Неправильний зазор в підшипниках передніх коліс	Відрегулювати зазор
Не працюють амортизатори	Відремонтувати і заправити рідиною або замінити амортизатори
Ослаблення кріплення поворотного кулака або його деформація	Підтягнути кріплення кулака, при його деформації замінити поворотний кулак
Знос резино-металевих шарнірів (сайлентблоків) важелів підвіски	Замінити сайлентблоки
Великий дисбаланс коліс	Перевірити і відбалансувати колеса
Знос кульових опор	Заміна опори
Не працюють амортизатори	Відремонтувати або замінити амортизатори
Вертикальні коливання передніх коліс (жорсткі удари)	
Не працюють амортизатори	Відремонтувати або замінити амортизатори
Не працює стабілізатор поперечної стійкості	Перевірити стан гумових подушок стабілізатора, при зносі замінити

1.5 Опис конструкції

Задня підвіска автомобіля ЗАЗ-1102 напівзалежна, балка, яка пружньо скручується, (рис. 1.4). Важелі та сполучна поперечина виконані у формі балки з низьколегованої сталі, яка виконує функцію стабілізатора при рух автомобіля. До балки на закруглення приварені кронштейни, з допомогою яких підвіска кріпиться шарнірно до кронштейнів кузова болтами з гайками та гумометалевими сайлент-блоки. Для кріплення маточок задніх коліс до балки приварені дві паралельні майданчики з отворами, а також дві трубчасті опори для кріплення нижніх вушок амортизаторів [16].

Амортизатори у зборі зі пружинами верхньою частиною кріпляться до опори, привареної до кузова. Нижніми шарнірами амортизаторами є гумометалеві сайлент-блоки, а верхніми - гумові подушки.

Хід колеса вгору обмежується гумовим буфером стиснення, встановленим на штоку амортизатора, а вниз розтягнутим амортизатором, в якому розташований гумовий буфер відбою. Гідравлічні амортизатори двосторонньої дії телескопічного типу зібрані спільно з пружинами, встановленими між верхньою та нижньою чашками.



1 - чохол; 2 - обойма буфера; 3 - балка; 4 - пружина; 5 - амортизатор; 6 - болт кріплення нижнього шарніра; 7 - сайлент-блок амортизатора; 8 - сайлент-блок балки; 9 - болт кріплення балки; 10 - буфер; 11 - обойма; 12 - подушка амортизатора; 13 - ізоляційна прокладка; 14 - опора пружини; 15 – втулка

Рисунок 1.4 - Деталі задньої підвіски:

1.6 Параметри автомобіля

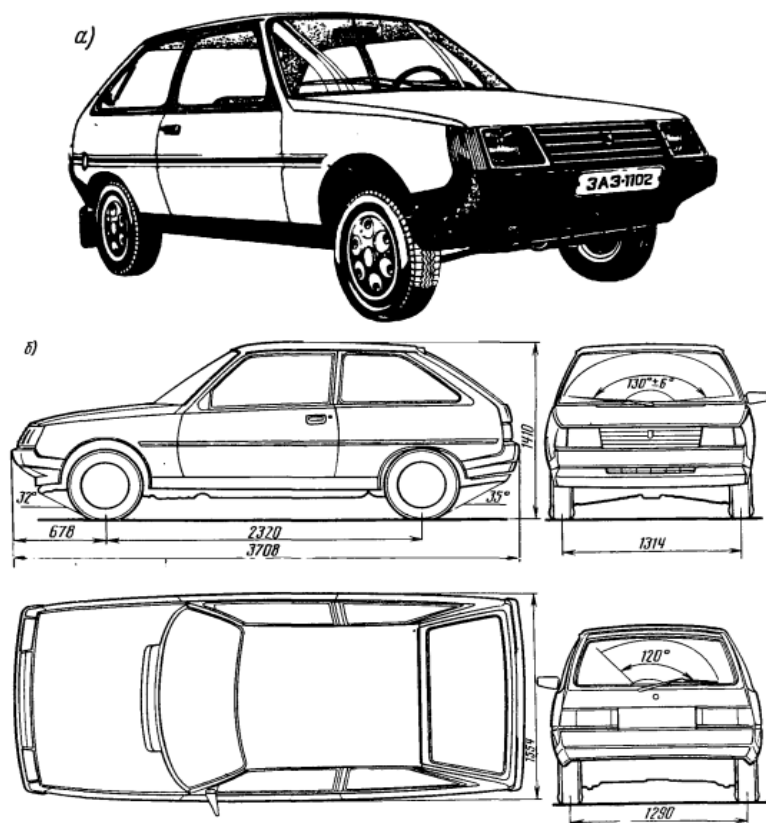


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд (а) та основні габаритні розміри автомобіля (б) (висота без навантаження)

Таблиця 1.6 - Параметри автомобіля ЗАЗ-1102 [16,17]

Параметр	Значення параметра
1	2
Кузов	
Тип	Хетчбек
Місць	5
Довжина, мм	3708
Ширина, мм	1554

Продовження таблиці 1.6

1	2
Висота, мм	1410
Колісна база, мм	2424
Колія передня, мм	1314
Колія задня, мм	1290
Допустима маса вантажу на додатковому (верхньому) багажнику, кг	50
Двигун	
1	2
Силовий агрегат	MeM3-245
Октанове число бензину	92
Об'єм двигуна см ³	1091
Максимальна потужність, к.с./кВт при об/хв	53 / 38 при 5500
Максимальний крутний момент, Н*м при об/хв	80 при 3500
Технічні характеристики	
Максимальна швидкість, км/год:	140
При повній масі	145
З водієм та пасажиром	
Витрата бензину, не більше, при швидкості руху л/100 км:	4,6
90 км/год	6,6
120 км/год	6,8
У міському циклі	
Маса автомобіля, кг:	660
Неспорядженого	710
Спорядженого	1110
Повна	
Розмір шин	155/70/R13
Привід	Передній

2 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Методи виробництва деталей підвіски автомобіля

Для виготовлення компонентів системи підвіски автомобіля підходять різноманітні методи. Метод, вибраний кожної деталі, залежить від сумісності під час виробництва конкретних компонентів [18].

Нижче ми розглянемо деякі методи, які використовуються під час промислового виробництва цих компонентів:

- Лиття металу включає такі виробничі процеси, як лиття в піщані форми і лиття під тиском. Цей процес підходить для виробництва компонентів підвіски, таких як поперечні важелі керування та поворотні кулаки. Процес лиття металу зазвичай включає нагрівання певних металевих злитків до розплавленої форми перед заливанням їх у заздалегідь розроблені форми, що мають бажану форму компонента.

Лиття - це старий виробничий процес; проте через свою економічність він використовується досі. При цьому він зберігає структурну цілісність відлитих деталей навіть при створенні складних конструкцій, що вимагають високої точності.

- Кування

Форсування відноситься до методу виробництва, що допомагає створювати металеві деталі шляхом зміни їх форми під дією високої сили стиснення або удару. Він підходить для створення міцних та дуже довговічних компонентів, таких як стабілізатор поперечної стійкості, важелі управління та спеціальні важелі. В результаті цього процесу виготовляються деталі з підвищеною міцністю, ударною в'язкістю і втомною стійкістю, що робить його підходящим методом для виробництва компонентів, що зазнають високих напруг і навантажень, таких як підвіска.

- Механічна обробка з ЧПК - це основний процес виробництва різних автомобільних деталей, включаючи компоненти підвіски. Цей метод передбачає

використання комп'ютерних кодів керувати рухом машин при розрізанні блоку матеріалу. Цей процес дозволяє створювати високоточні деталі, що робить його популярним способом виробництва.

Операції механічної обробки, зокрема фрезерування, підходять для виготовлення важелів підвіски, стійок та поворотних важелів. Навіть при створенні цих деталей, зберігаючи високу точність розмірів, компанія зберігає жорсткі допуски і створює їх із чудовою обробкою поверхні, з меншими вимогами до операцій подальшої обробки.

- Лиття під тиском зазвичай використовується для виробництва неметалічних компонентів, особливо деталей із пластмас та композитів. Тому оскільки більшість компонентів автомобільної підвіски виготовлені з металів, лиття цих компонентів під тиском не є поширеним вибором. Однак це чудовий вибір для виготовлення автомобільних бамперів.

Цей процес включає впорскування розплавленого матеріалу, зазвичай пластику або композиту, заздалегідь підготовлену порожнину форми, де він надає компонентам бажаної форми. Це дозволяє створювати бампери різних розмірів, форм та конструктивних особливостей. Крім того, це економічно ефективний метод виготовлення легких, але міцних деталей.

- Зварювання - це основний виробничий метод збирання та з'єднання двох або більше металевих компонентів разом. Він може бути ефективним для з'єднання компонентів підвіски з рамою або шасі автомобіля або з'єднання однієї деталі з іншого. Цей процес включає нагрівання невеликої частини прилеглих частин до розплавленого стану, щоб забезпечити сплавлення інших частин і створення міцного зв'язку. Зварювання забезпечує цілісність та надійність з'єднання, створюючи стабільну та загальну високоміцну систему підвіски.

2.2 Особливості конструкції деяких типів підвісок

Почнемо з найпопулярнішої та найпоширенішої системи підвіски [19].

Підвіски зі стійками Макферсон.

Творцем цієї підвіски став американський інженер Ерл МакФерсон, який співпрацював з багатьма провідними автовиробниками. Після закінчення Другої світової війни він переїхав до Великої Британії і почав працювати над рішенням, яке в майбутньому мало стати стандартним елементом конструкції практично кожного легкового автомобіля. У 1949 році рішення було запатентовано і майже без змін використовується донині.

Феномен підвіски, сконструйованої МакФерсоном, полягав у тому, що опора амортизатора і поперечний поворотний важіль є елементами, які кріплять колесо, а пружина, поворотний кулак і амортизатор об'єднані в одне ціле, яке називається амортизаторною стійкою. Раніше всі ці частини були окремими, що значно ускладнювало конструкцію. Спрощення підвіски дозволило істотно зменшити простір, який вона займає, а також знизило витрати на виробництво автомобіля.

Стійки МакФерсона мають ще одну важливу перевагу, яку варто відзначити, – вони дозволяють паралельно рухати обидва колеса, що своєю чергою впливає на ефективність підвіски. Це означає, що ця конструкція також добре працює під час гальмування, завдяки чому автомобіль отримує більшу стійкість.

У наші дні така підвіска неймовірно поширена серед автовиробників із двох недивних причин.

По-перше, цей тип дуже універсальний і добре підходить для більшості застосувань.

По-друге, він дуже доступний за ціною, що робить його відповідним варіантом навіть для автомобілів, що продаються за нижчими цінами. Ця система підвіски компактна, і для її роботи потрібно лише кілька деталей. Прикладом цієї підвіски (рисунок 2.1) виступають автомобілі бюджетного сегменту: Toyota Corolla, Volkswagen Golf, Honda Civic.

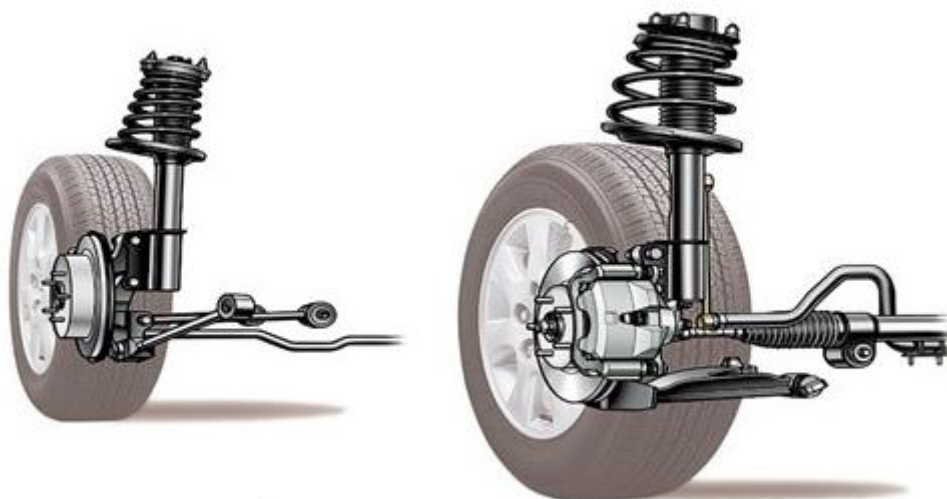


Рисунок 2.1 - Підвіска з системою MacPherson

Двоважільна підвіска [20]

Ще одна популярна незалежна система - підвіска на подвійних поперечних важелях. Вона схожа на стійку Макферсона, але з однією істотною відмінністю.

У той час як підвіска зі стійками Макферсон має один важіль управління (також відомий як важіль), в цьому типі їх два.

Коротко кажучи, це найкращий тип підвіски для ручного керування автомобілем, найточніший у керуванні, міцний, простий і надійний. Це робить його популярним в недорогих та старих автомобілях, позашляховиках, баггі, квадроциклах і навіть у гоночних болідах, таких як Формула-1. Цей тип підвіски зустрічається там, де потрібна міцність і надійність, або точне керування, що визначає його використання в різних умовах. Комфорт управління тут не є пріоритетом, іноді навіть може бути жорстким на неспівмірностях дороги, але він забезпечує максимальну стійкість і точність. Приклад такої підвіски застосовується в таких автомобілях середнього цінового класу як: Honda Accord, Mazda 6, Lexus IS, Pontiac Solstice.

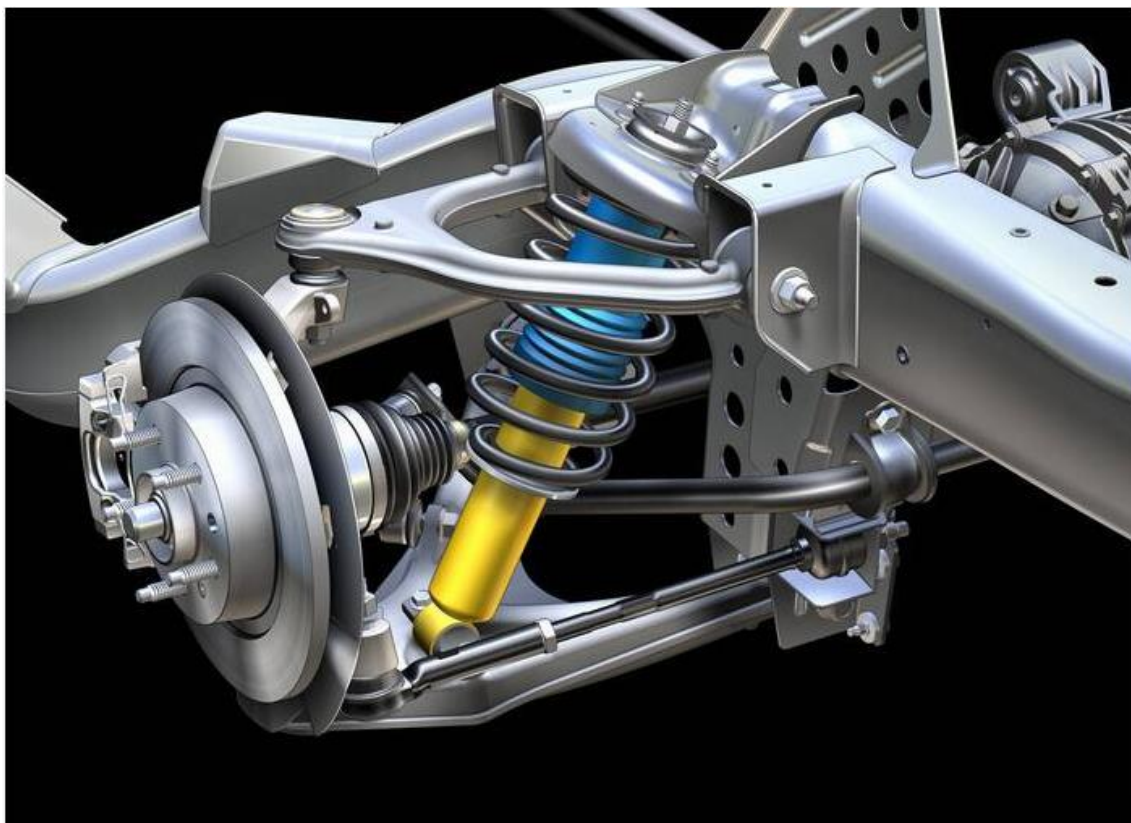


Рисунок 2.2 - Задня підвіска на Pontiac Solstice

Завершити огляд двоважільного підвіски можна формулою 1, там вона використовується як на передній, так і на задній осі, пружні елементи у вигляді пружин і амортизаторів встановлені під обтічниками і передають зусилля на колесо через коромисло і штангу, що штовхає, або тягнучу. Це популярна схема автоспорту. На рис. 2.3 видно, що можуть використовуватися як одна, так і дві пружини, силові коромисли також пов'язані між собою тягами, що зрівнюють, які виконують роль жорсткого стабілізатора. Важелі мають трикутну форму і аеродинамічний профіль, вся механізація захована під обтічником.

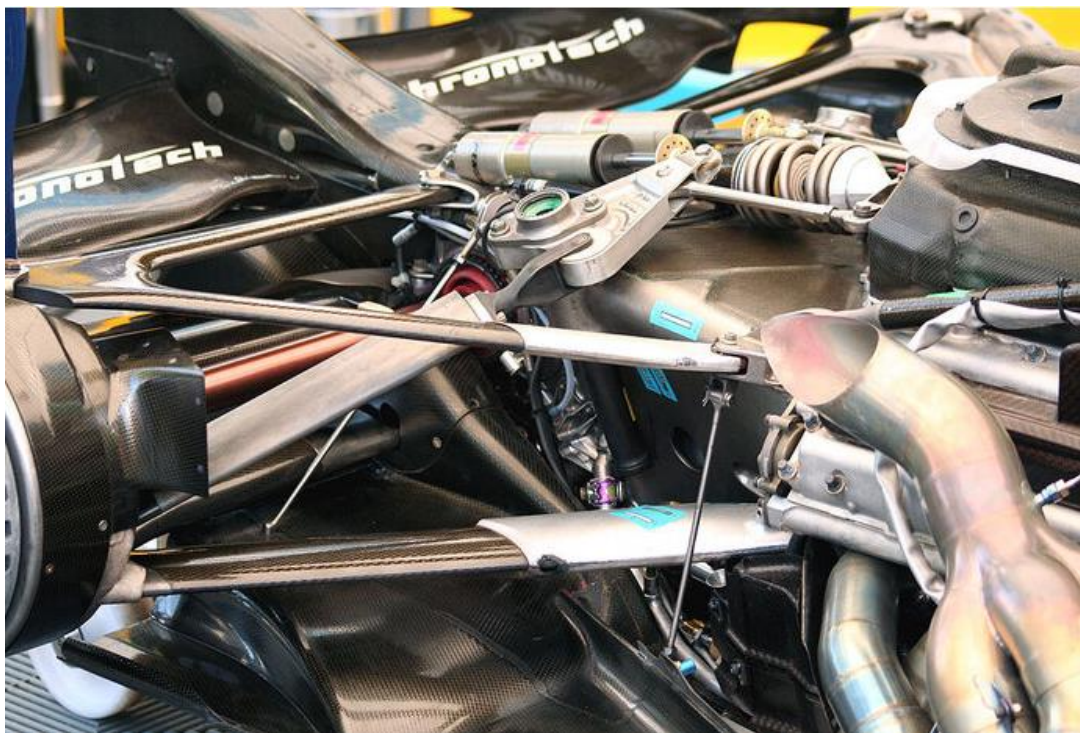


Рисунок 2.3 - Підвіска Formula 1

Багатоважільна підвіска.

Ще один незалежний тип. Однак за назвою, ймовірно, можна здогадатися, що він включає кілька посилок, ніж дві інші підвіски, згадані вище.

Багатоважільна підвіска заснована на конструкції на подвійних поперечних важелях, але має як мінімум три або більше бічних важелів (тобто «багатоважільна») і один або кілька поздовжніх важелів.

Головна мета застосування ззаду багатоважільного підвіски - кінематика забезпечує пасивне підрулювання задньої осі, яке дуже допомагає самостабілізації автомобіля в поворотах. Крім того низька безпружинна маса грає на руку комфорту і полегшує роботу амортизаторів у забезпеченні постійної плями контакту з дорогою, додаткові тяги та елементи забезпечують зменшення поздовжніх кренів при розгоні та гальмуванні автомобіля.

Існує величезна кількість варіантів і технічних рішень у різних виробників, часто основу складає нижній важіль, що несе, два верхніх напрямних важеля і підрулююча тяга, її завжди можна впізнати як найкоротшу і стоїть осторонь основних важелів.

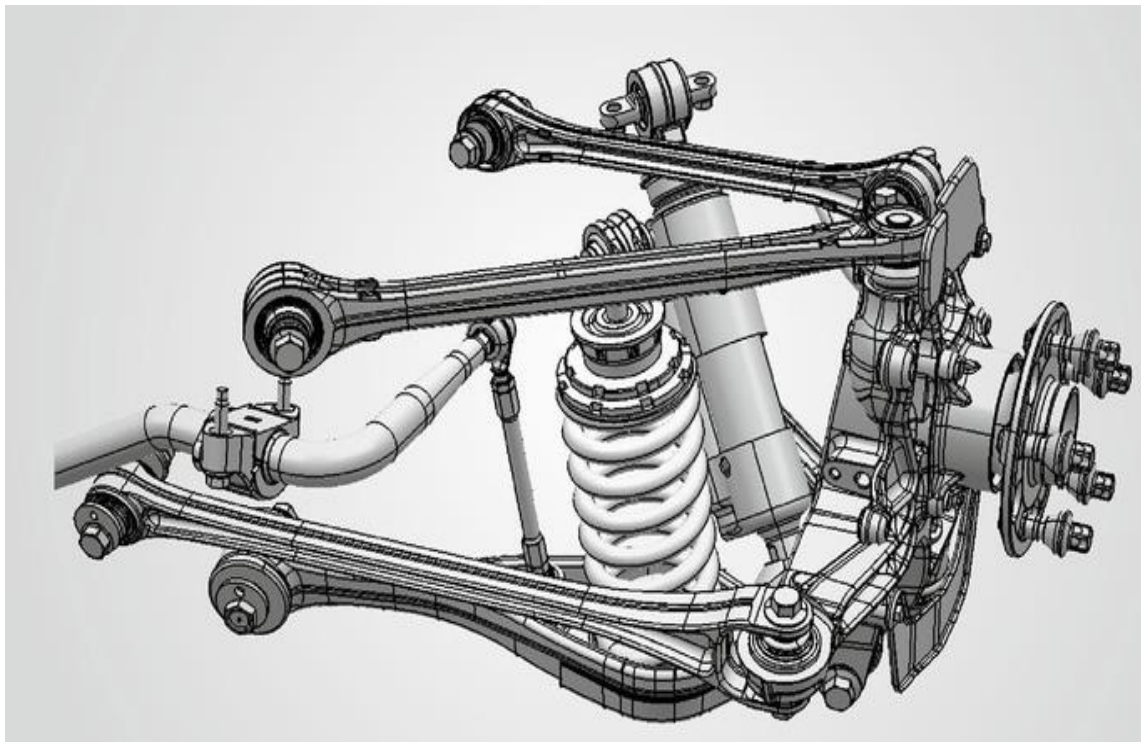


Рисунок 2.4 - Задня підвіска MERCEDES

На зображенні типова схема, її любить мерседес: 5 важелів, нижній несучий, два верхні напрямні, спереду поздовжня реактивна тяга, що допомагає сприймати крутний момент, ззаду рульовий важіль, яким регулюється базове сходження і який відповідає за зміну сходження при роботі підвіски.

Часто для підвіски в задній частині кузова місця залишається мало, а для того, щоб забезпечити підвісці достатній хід, тяги і важелі потрібно робити довше, тому важелі іноді перехреснюються.



Рисунок 2.5 - Задня підвіска

BMW часто практикували трохи іншу схему. Нижній важіль вони робили не тільки несучим, але й сприймаючим момент, що крутить, забезпечуючи його чотирма точками кріплення, трохи програвали в комфорті, зате вигравали в точності кінематики і керованості.

На фото (рисунок 2.6) добре видно потужний нижній важіль, який маленькою додатковою тягою з'єднаний з кулаком і сприймає через неї крутний момент, зверху один великий направляючий важіль і малий підрулюючий, ним регулюється базове сходження. Всього 3 важелі.

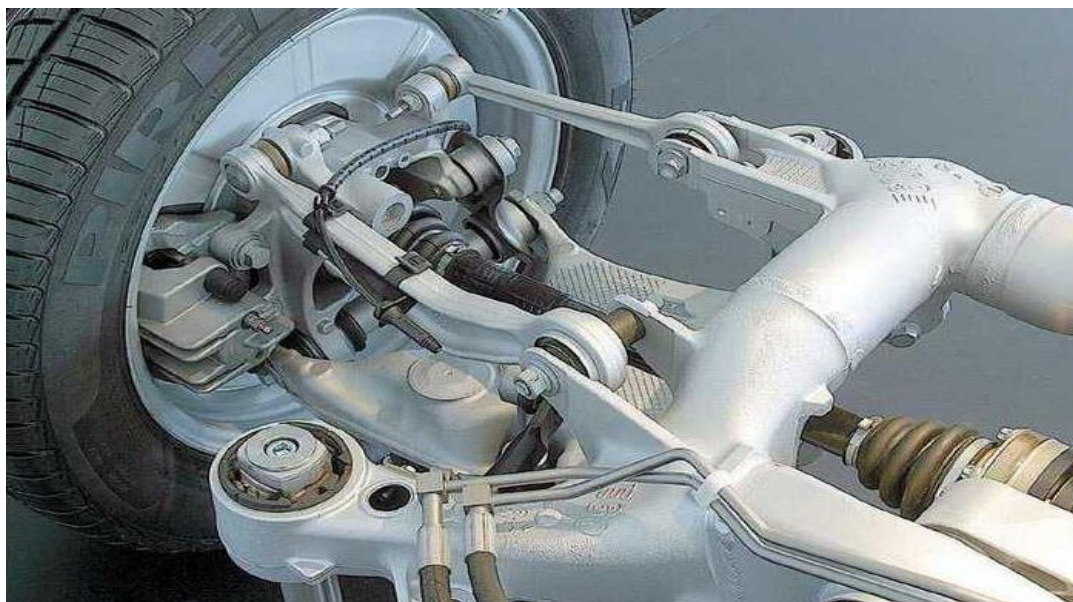


Рисунок 2.6 -Задня підвіска BMW



Рисунок 2.7 - Чугунна задня підвіска Toyota Mark 2

У бюджетному сегменті зазвичай все простіше. Це зазвичай основна підвіска, поздовжній, напрямний і додатковий підрульовуючий важелі. Дозволяється кріплення поздовжнього важеля безпосередньо до кузова, а не до рами, що є дешевшим варіантом. Матеріали вже переважно металеві листи, що виготовлені штампуванням.



Рисунок 2.8 – Задня підвіска Ford Focus 3

2.3 Варіації залежної підвіски, принцип дії

Тепер хочу розкрити більш детально залежну підвіску та її застосування.

Залежна підвіска - це система, де колеса на одній осі з'єднані жорсткою балкою. Однією з особливостей такої підвіски є те, що рух одного колеса впливає на рух іншого. Коли одне колесо опускається вниз, інше піднімається вгору [21].

Застосовується більш часто на дешевих автомобілях.

Різновидами залежної підвіски є наступні конструкції.

Пружинна, вона ж залежна підвіска з напрямними важелями Це найбільш поширений різновид залежної підвіски.

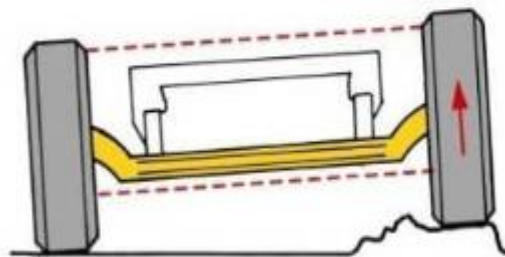


Рисунок 2.9 - Схема залежної підвіски

П'ять важелів: поперечний і чотири поздовжніх, кріпляться до балки і до кузова, і служать для запобігання поздовжнього та бокового переміщень осі. Також в конструкцію входять пружини, що надають підвісці пружність, і амортизатори.

Ресорна – це конструкція, яка складається з вигнутих пластин, з'єднаних між собою. Жорстка балка підвішується на поздовжні ресори, які кріпляться кронштейнами до кузова. Ресорну підвіску складно знайти на сучасних легкових автомобілях, найчастіше вони використовуються на машинах типу УАЗ, Газелі, і на техніці для вантажоперевезень.



Рисунок 2.10 - Ресорна підвіска

Балансирна у такому типі підвіски колеса мають не тільки поперечну, але і подовжню зв'язок з допомогою реактивних штанг. Це дозволяє перерозподілити навантаження і збільшити плавність ходу.



Рисунок 2.11 - Балансирна підвіска

Але підрульовуюча функція може бути і активною, не завжди лише пасивною. Іноді вона може бути навіть дуже активною, коли замість звичайного рульового важеля використовується справжній кермовий механізм або рульова рейка з електричним приводом. На низьких швидкостях колеса повертаються в протилежний бік, а на високих - в той же напрям. У наступному пункті я хочу детально розглянути активну підвіску та інші інновації.

2.4 Переваги та недоліки адаптивної та традиційної підвіски, технології що використовуються в конструкції підвісок автомобіля, інновації в області штучного інтелекту

Хочу порівняти традиційну та адаптивну підвіски - дві суттєво різні системи, які мають важливі відмінності у своїх характеристиках та функціях [22].

1. Принцип роботи:

- Традиційна підвіска використовує амортизатори, заповнені маслом, яке поглинає енергію при рухомі автомобіля через нерівності дороги.
- Адаптивна підвіска також використовує амортизатори, але здатна змінювати їхню в'язкість, реагуючи на різні умови дороги та стиль водіння.

2. Регульованість:

- Традиційна підвіска має обмежену можливість регулювання, оскільки амортизатори мають постійні характеристики.
- Адаптивна підвіска надає водію більше контролю, оскільки може автоматично адаптуватися до змінних умов дороги та стилю водіння.

3. Система контролю:

- Традиційна підвіска не має складної системи контролю і зазвичай працює на основі механічних принципів.
- Адаптивна підвіска використовує датчики та електронний блок керування для аналізу умов дороги та водіння, щоб регулювати роботу амортизаторів.

4. Вибір режимів:

- Традиційна підвіска має фіксований режим роботи.
- Адаптивна підвіска може пропонувати кілька режимів, таких як комфортний, спортивний або економічний, які можна вибирати залежно від умов дороги та власних вподобань водія.

Отже, хоча обидві системи виконують одну основну функцію - забезпечують комфорт та безпеку водіння, адаптивна підвіска надає більше гнучкості та контролю в порівнянні з традиційною підвіскою.



Рис 2.12 - Адаптивна система

Автомобільна промисловість продовжує бути центром інновацій, зумовлене зростаючим попитом споживачів на комфорт і зручність, а також ростом сегмента преміум-класу автомобілів. Адаптивна активна система підвіски - це система керування підвіскою автомобіля, яка адаптується до прогнозованого стану дорожнього покриття. Вона використовує комбінацію інструментів і датчиків, які можуть регулюватися автоматично, що сприяє поліпшенню комфорту поїздки, керованості та безпеки автомобіля. За останні три роки в автомобільній промисловості було подано та видано понад 1,2 мільйона патентів, як показує звіт GlobalData "Штучний інтелект в автомобілебудуванні: адаптивні активні системи підвіски [23].

Адаптивні системи активної підвіски є ключовою інноваційною сферою штучного інтелекту.

Системи адаптивної активної підвіски - це набір датчиків і мікропроцесорів, які використовуються для моніторингу ненормальних умов на дорозі в реальному часі. Централізований електронний блок керування (ECU) використовується для

обробки даних, отриманих від датчиків, щоб налаштувати систему підвіски автомобіля для створення плавного та безпечного водіння.

Аналіз GlobalData також виявляє компанії, які є лідерами в кожній галузі інновацій, і оцінює потенційний охоплення та вплив їхньої патентної діяльності в різних сферах застосування та географії. За даними GlobalData, розробкою та застосуванням систем адаптивної активної підвіски займаються понад 40 компаній, включаючи постачальників технологій, відомі автомобільні компанії та перспективні стартапи.

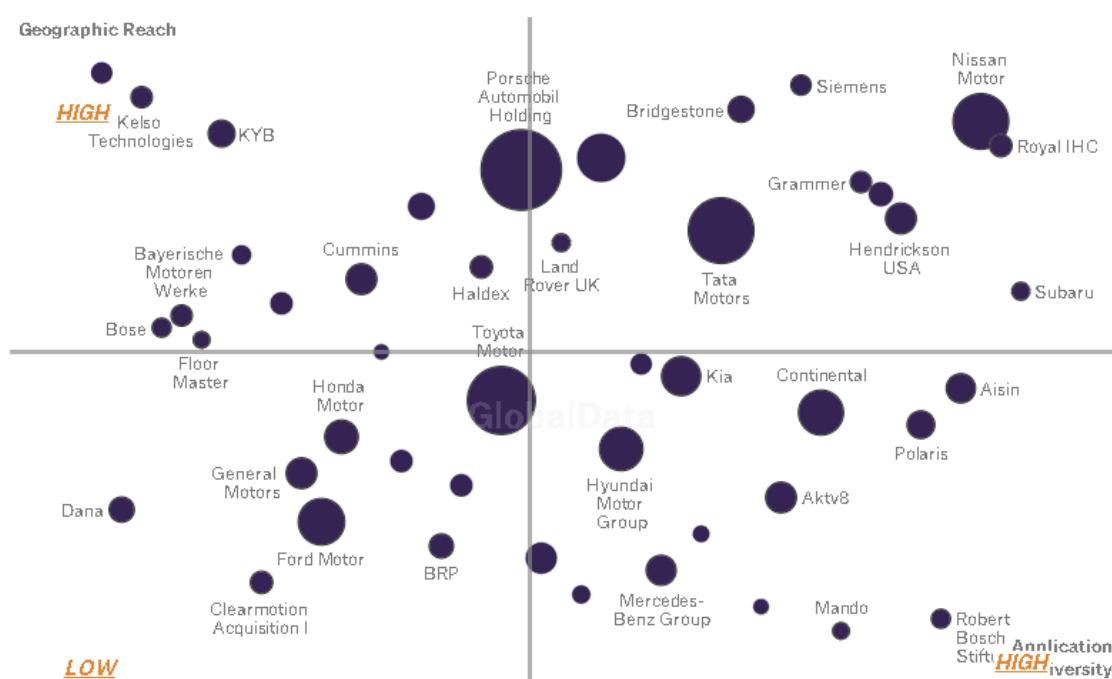


Рисунок 2.13 - Ключові гравці в системі адаптивної активної підвіски – проривній інновації в автомобільній промисловості

«Різноманітність додатків» вимірює кількість різних додатків, визначених для кожного відповідного патенту, і широко поділяє компанії на «нішевих» або «диверсифікованих» новаторів.

«Географічне охоплення» стосується кількості різних країн, у яких зареєстровано кожен відповідний патент, і відображає широту передбачуваного географічного застосування, починаючи від «глобального» до «місцевого».

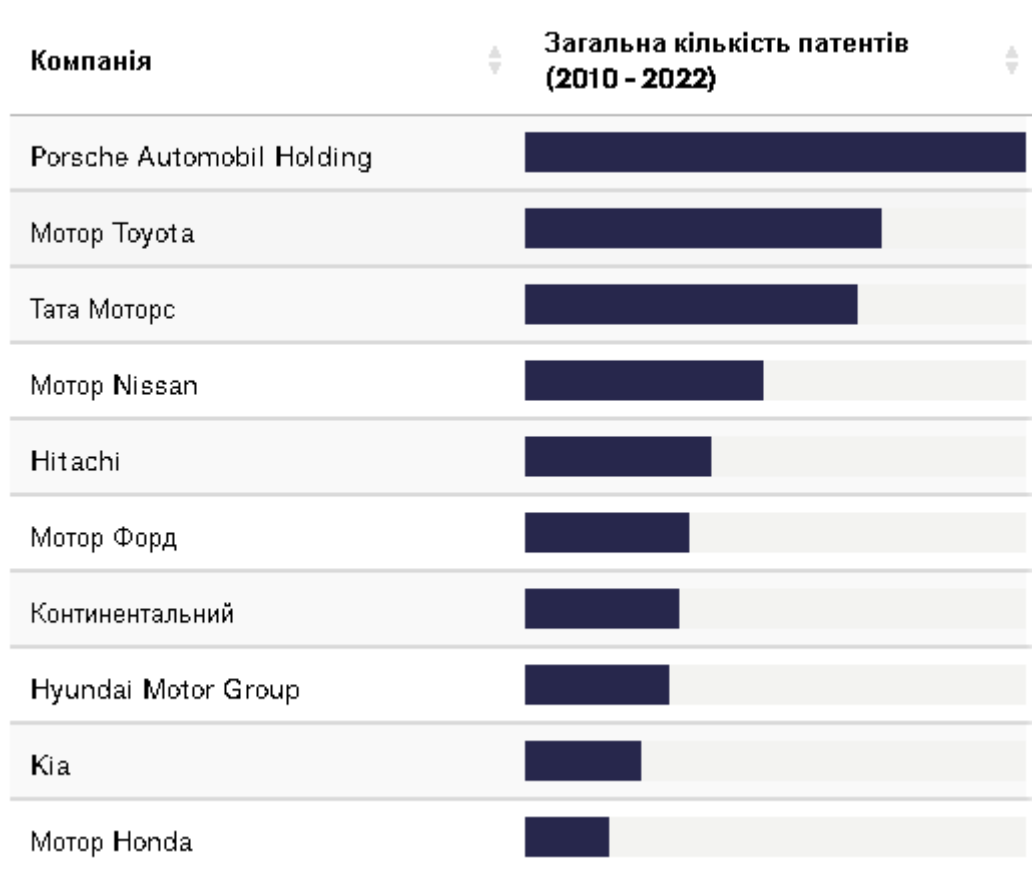


Рисунок 2.14 - Обсяги патентів, пов'язані з адаптивними системами активної підвіски

У цьому краса адаптивних систем підвіски. Вони читають дорогу, розуміють ваш стиль водіння та адаптуються відповідно до нього, забезпечуючи ідеальний баланс між комфортом і продуктивністю. Далі розглянемо різні типи систем адаптивної підвіски.

2.5 Популярні типи систем адаптивної підвіски, міжнародні лідери

Системи адаптивної підвіски - це справді захопливий світ інновацій, який варто розділити на різні "смаки". Давайте спробуємо розглянути різні аспекти цієї технології, розкривши всі її нюанси та переваги [22].

Напівактивні системи підвіски поєднують у собі переваги традиційної та активної підвіски. Вони можуть регулювати рівні демпфування під час руху, але

не можуть змінювати характеристики пружини. Це дає водіям контроль над комфортом поїздки, подібно до дистанційного керування.

Системи активної підвіски - це справжні герої, які можуть незалежно контролювати підвіску на кожному колесі, регулюючи як пружину, так і зусилля амортизації.

Магнітне керування рідинами, як у Magnetic Ride Control, додає ще один рівень інновацій, дозволяючи змінювати в'язкість рідини за допомогою магнітного поля. Кожна з цих систем надає унікальний погляд на покращення якості керування, перетворюючи кожную поїздку на пригоду.

В світі адаптивних систем підвіски існують видатні гравці, які визначають нові стандарти технологічного прогресу. Audi Dynamic Ride Control пропонує діагонально з'єднані амортизатори, що забезпечують стабільність та комфорт у різних режимах водіння. Mercedes-Benz збагатив свої автомобілі системою Active Body Control, що забезпечує безпрецедентну рівновагу та розкішну поїздку. Адаптивна підвіска BMW M відповідає репутації марки, надаючи ідеальний баланс між комфортом та динамікою. Tesla відзначається інтелектуальною пневматичною підвіскою, яка автоматично регулюється висотою залежно від умов дороги та швидкості.

Ці компанії визначають майбутнє адаптивних систем підвіски, піднімаючи планку якості та забезпечуючи захоплюючі враження від водіння.

3 ДІАГНОСТИКА ТА ВИПРОБУВАННЯ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

Технічна діагностика автомобілів – розділ експлуатаційної науки, в якому вивчаються, встановлюються і класифікуються відмови та несправності агрегатів, вузлів, і симптоми цих відмов та несправностей, а також розробляються методи і засоби для їх виявлення з метою визначення необхідних профілактичних і ремонтних дій на об'єкт для підтримки високого рівня його надійності і прогнозування ресурсу його справної роботи. Діагностування дає змогу: – оцінити технічний стан (справність та роботоздатність) автомобіля (car) в цілому й окремих його агрегатів (aggregate) і вузлів без розбирання; – виявити дефекти, які порушили справність (good condition) і (або) роботоздатність (capacity) автомобіля; – прогнозувати залишковий ресурс або ймовірність безвідмовної роботи автомобіля у міжконтрольний період. Загальною метою технічної діагностики на автомобільному транспорті є підвищення надійності автотранспортних засобів [24].

Основне завдання діагностування – розпізнати технічний стан в умовах невизначеності з мінімальними матеріальними і енергетичними втратами.

За часом проведення діагностування поділяють на:

- періодичне (здійснюється після певного пробігу автомобіля);
- неперервне.

Залежно від завдань, які вирішуються, розрізняють два види діагностування:

- перше – загальна діагностика (Д-1);
- друге – поглиблена діагностика (Д-2).

Під час Д-1, що, як правило, виконується перед ТО-1 і в процесі його визначають технічний стан агрегатів та вузлів, які забезпечують безпеку руху й придатність автомобіля до експлуатації. Під час Д-2, що здебільшого здійснюється перед ТО-2, оцінюють технічний стан агрегатів, вузлів і систем автомобіля, уточнюють обсяги робіт з ТО-2 та визначають необхідність ремонту. Результати кожного діагностування автомобіля заносять до діагностичної і

нагромаджувальної карт. Однією із найважливіших задач діагностування стану об'єкта є пошук несправностей, тобто визначення місця та причин їх виникнення. Після усунення несправностей об'єкт може бути справним, роботоздатним або правильно функціонуючим.

3.1 Методи діагностування підвіски

Відповідно до [26] методи діагностування підвіски автомобіля діляться на статичні та динамічні (рисунок 3.1) [25].

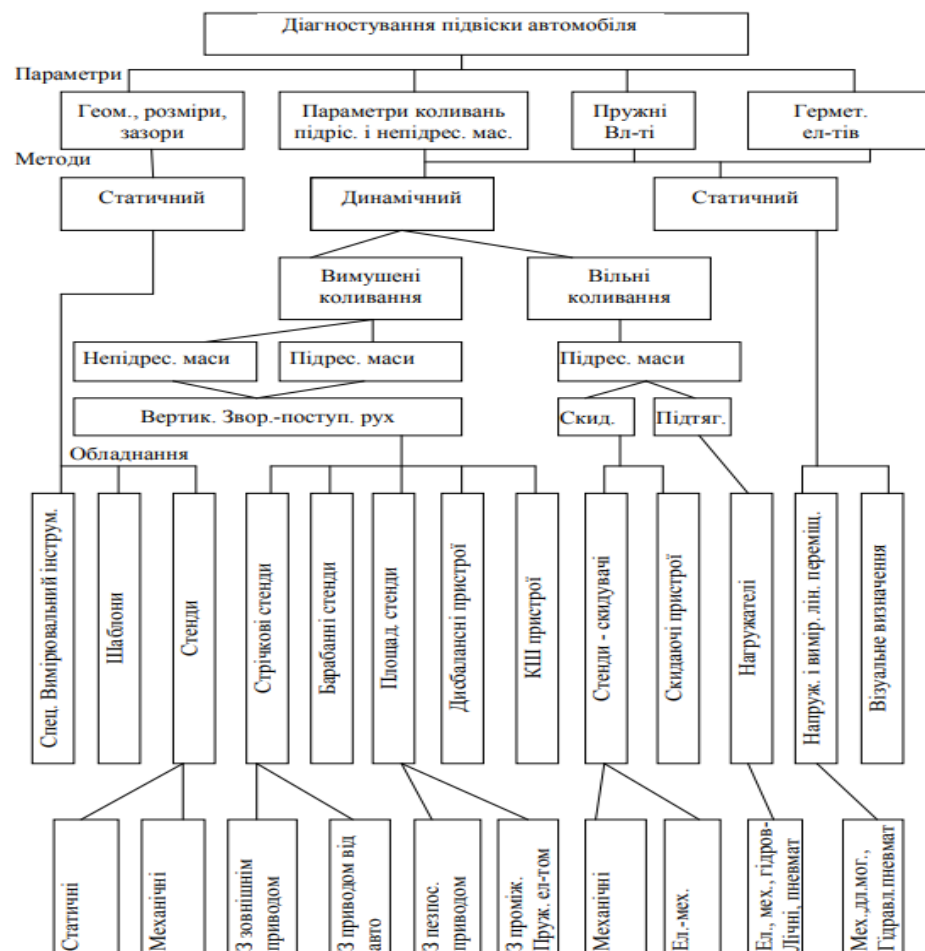


Рисунок 3.1 - Методи діагностування підвіски

3.1.1 Статичні методи

При статичних випробовуваннях визначають характеристики пружності підвіски, а також багато параметрів коливальної системи автомобіля, що характеризують її властивості: величини підресорених і непідресорених мас, жорсткість підвіски і ефективний статичний прогин для заданого статичного навантаження і т.д. Визначення характеристик вертикальної пружності.

Характеристика вертикальної пружності підвіски виражає залежність між вертикальним навантаженням на підвіску і її вертикальною деформацією, тобто приведеним до коліс відносним вертикальним переміщенням підресорених і не підресорених мас.

Характеристики вертикальної пружності дозволяють одержати досить важливу вихідну інформацію, яку використовують для попередньої оцінки властивостей підвіски, при аналізі результатів її динамічних лабораторних і дорожніх випробовувань, при вирішенні задач оптимізації.

При цьому обидва колеса випробовуваної підвіски встановлюють на ваги і автомобіль завантажують баластом до жорсткого упору в обмежувачі ходу підвіски. Розвантажувальну і навантажувальну вітки характеристики визначають відповідно при підйомі і опусканні кузова за допомогою домкратів чи лебідкою.

Щоб уникнути помилок при визначенні вертикальних характеристик пружності необхідно дотримуватись наступних вимог:

1. Опорні площини всіх коліс автомобіля повинні знаходитися на одній висоті.
2. Повинні виключатися горизонтальні реакції в площині контакту шин з опорною поверхнею, для чого під колеса встановлюють особливі площадки, що забезпечують переміщення в горизонтальній площині з мінімальним тертям.
3. Заміри необхідно проводити з таким розрахунком, щоб отримати достатнє число точок на графіку характеристики. Рекомендується проводити замір деформації через інтервали навантаження не більше 10-20% від статичного навантаження.

4. Точність заміру переміщень повинна забезпечувати величину похибки не більше 1 мм. Похибка в замірі навантаження повинна бути не більше 2%.

5. Рекомендується встановлювати кожне колесо на окремі ваги. Це дозволяє уникнути впливу можливого нерівномірного розподілу навантаження між колесами.

6. У процесі визначення навантажувальної вітки характеристики деформація повинна змінюватися тільки в напрямку від меншої до більшої, при визначенні розвантажувальної вітки – від більшої до меншої. Зміна напрямку деформації змінює напрямок сил тертя і призводить до помилкових результатів.

7. Деформацію підвіски приймають рівну напівсумі величин, отриманих при замірах з правої і лівої сторони. Щоб зменшити ймовірність випадкових похибок, все випробовування рекомендується повторити не менше 2-3 рази.

3.1.2 Динамічні методи

Динамічні методи діляться на лабораторні та дорожні (рисунок 3.2). Основною метою лабораторних динамічних випробовувань є визначення динамічних характеристик підвіски, які встановлюють зв'язок між динамічними впливами на коливальну систему і її реакціями. Крім того, при динамічних випробовуваннях визначають параметри коливальної системи, якщо вони не можуть бути знайдені в статичних умовах: частоти вільних коливань, коефіцієнти відносного демпфування, моменти інерції і ін.

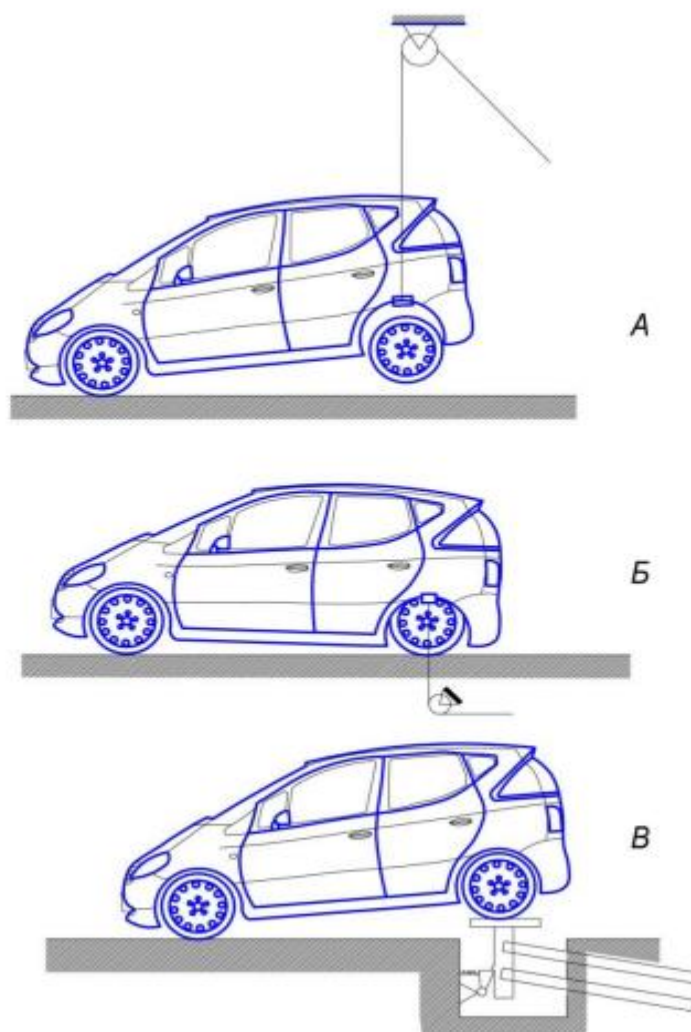


Рисунок 3.2 - Динамічні лабораторні випробування

Динамічні характеристики дозволяють зі значно більшою повнотою, ніж статичні, оцінити властивості підвіски при різноманітних режимах її роботи, в тому числі при режимах, близьких до експлуатаційних. Тому при оцінці якості підвіски в лабораторних умовах динамічні випробовування займають центральне місце. Визначення характеристик вільних коливань Основною метою випробувань підвіски при вільних коливаннях є визначення власних частот коливальної системи і оцінка величини загасання. Крім того, при вільних коливаннях можуть бути визначені величини невіднесених мас. Відомі два методи дослідження вільних коливань – підтягування та скидання.

Визначення характеристик вільних коливань

Основною метою випробувань підвіски при вільних коливаннях є визначення власних частот коливальної системи і оцінка величини загасання. Крім того, при вільних коливаннях можуть бути визначені величини невіднесених мас. Відомі два методи дослідження вільних коливань – підтягування та скидання [6].

Перевагами методу підтягування (рисунк 3.2 б) є те, що вільні загасаючі коливання починаються відразу після приведення в дію муфти миттєвого розвантаження. Здійснюючи підтягування вверх або вниз на різну величину, можна отримати вільні коливання із заданою початковою амплітудою. При визначенні характеристик коливань методом підтягування проводяться такі випробування для передньої і задньої підвісок:

а) підтягування кузова вгору на висоту 60-80 мм, вимірюємо над віссю. Висота підтягування вибирається так, щоб при випробуваннях не відбувалося ударів об обмежувачі ходу;

б) підтягування кузова вниз на ту ж величину. Рівність висот, на які проводиться підтягування вгору і вниз, має бути витримано з точністю до 3-4 мм;

в) підтягування осі вниз на 30 мм.

При швидкому звільненні кузов робить власні низькочастотні коливання з заданим початковим відхиленням. В випадку, якщо коефіцієнт розподілу відресорених мас не дорівнює одиниці, точка прикладання зусиль повинна знаходитися над віссю досліджуваної підвіски автомобіля.

Підтягування осі проводиться аналогічно підтягуванню кузова. При швидкому звільненні вісь здійснює власні високочастотні коливання з заданим початковим відхиленням.

Результатом випробувань є характеристики коливань кузова (рисунк 3.3). З характеристик коливань кузова визначаються низька частота і загасання коливань при відбої і стисненні від опору амортизаторів і тертя. При випробуваннях методом підтягування інтенсивність коливань не відресорених частин може виявитися недостатньою, щоб запис міг бути використаний для визначення частот

коливань. В цьому випадку можливо застосування підтягування вниз безпосередньо невідпруженої частини. При випробовуваннях методом «скидання» (рис. 3.2 а, в) після вимкнення запірної пристрою відбувається вільне падіння відпруженої і невідпруженої частини автомобіля разом з опорними майданчиками до упорів.

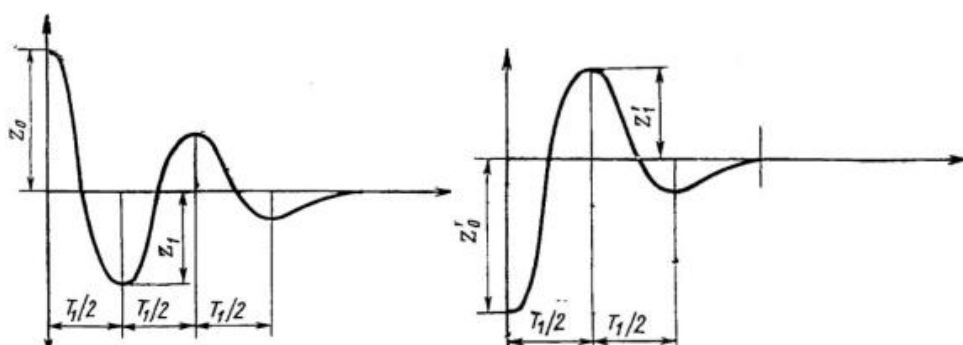


Рисунок 3.3 - Характеристики коливань кузова при використанні методу підтягування

В цьому випадку початкові амплітуди вільних коливань для різних автомобілів не однакові, що затрудняє можливість порівняння.

При визначенні характеристик коливань кузова і осі методом скидання автомобіль встановлюється передніми (задніми) колесами на спеціальні майданчики, які піднімаються на висоту 65 мм, а потім прибираються, викликаючи падіння коліс і кузова і наступні власні коливання.

Випробовується автомобіль без навантаження і з повним навантаженням при тиску в шинах, встановленому згідно заводської інструкції.

Результатом випробувань є характеристики коливань передньої і задньої підвісок автомобіля (рис. 3.4). початковій ділянці коливань кузова (між точками 0 і 1) відповідає падіння коліс і кузова; крім того, на цій ділянці коливання кузова супроводжуються інтенсивними коливаннями осі. Тому оброблювана ділянка кривої коливань кузова починається з точки 1. На оброблюваній ділянці визначається низька частота коливань p і оцінка загасання.

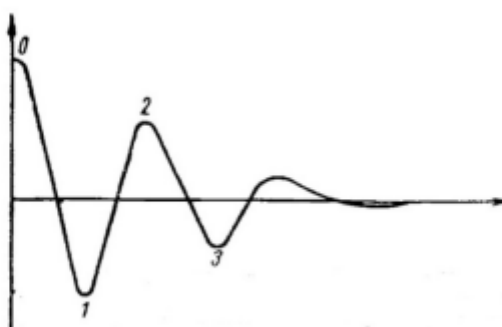


Рисунок 3.4 - Характеристика коливань підвіски автомобіля при скиданні

3.2 Дорожні випробування автомобілів на надійність

Дорожні випробування поділяються на експлуатаційні, полігонні та спеціальні [27].

3.2.1 Експлуатаційні випробування

Найбільш об'єктивну та вичерпну інформацію про надійність автомобілів та його окремих елементів дають експлуатаційні випробування, які проводять у типових умовах експлуатації з виконанням притаманної їм транспортної роботи. Залежно від організації таких випробувань та умов їх проведення розрізняють дослідну, підконтрольну та пересічну експлуатацію. В умовах дослідної експлуатації випробування проводяться спеціально підготовленим персоналом, який здійснює регулярний контроль та облік напрацювань автомобіля, обсягів виконуваних робіт, реєстрацію відмов і несправностей, що виникають, визначення та уточнення витрати запасних частин, оцінку експлуатаційної та ремонтної технологічності. Підконтрольна експлуатація передбачає проведення випробувань у суворій відповідності до вимог та правил нормативно-технічної документації та контролю технічного стану вузлів та агрегатів кожного підконтрольного автомобіля. Для підвищення достовірності результатів

експлуатаційні підприємства залучають до проведення випробувань відповідних спеціалістів. При рядовій експлуатації можливі деякі відхилення від вимог технічної експлуатації та отримання інформації про надійність автомобілів фахівці-випробувачі не залучаються. Найбільшого поширення та методичного забезпечення набули випробування за умов підконтрольної експлуатації автомобілів. Проводять такі випробування на спеціально організованих експериментально-виробничих підприємствах, які називаються опорними. У підконтрольній експлуатації використовується єдина методика збору, подання та обробки інформації, що дозволяє отримувати достовірні оцінки показників надійності машин. Основними завданнями експлуатаційних випробувань є:

- виявлення характеру та причин виникнення відмов в залежності від напружування;
- визначення коефіцієнтів готовності та використання;
- обґрунтування критеріїв граничного стану деталей, вузлів, агрегатів та, відповідно, їх ресурсів;
- встановлення номенклатури та норм витрати запасних частин;
- виявлення деталей, що лімітують надійність агрегатів;
- визначення витрат на ТО та ремонти;
- вивчення пристосованості автомобіля до проведення ТО та ремонту;
- розробка нормативів підтримки автомобілів у працездатному стані.

У процесі таких випробувань неухильно виконується інструкція з експлуатації автомобілів, реєструються всі простої та поломки. Усе несправності, відмови фіксують із зазначенням їх пробігу до відновлення або заміни з моменту введення автомобіля в експлуатацію до відправки на капітальний ремонт або на списання. Однак, незважаючи на всі переваги, експлуатаційні випробування мають серйозний недолік - великий тривалістю. Якщо, наприклад, ресурс автомобіля розрахований на 400 - 450 тис. км, і цей ресурс реалізується протягом 7 - 8 років, то вихід з ладу навіть агрегатів, що мають знижений ресурс, слід очікувати не раніше, ніж через 3,5 - 4 роки.

3.2.2 Полігонні випробування

Отримання інформації про надійність автомобільної техніки, що є основою оцінки їх якості, вимагає дедалі більшого зростання. випробувальних пробігів, витрат праці та що найголовніше, тривалого часу. У сучасних умовах для безперервного вдосконалення конструкцій, швидкої зміни моделей на надійніші потрібні все більш стислі терміни. Необхідність прискорення випробувань призвела до розвитку полігонних випробувань автомобілів та його агрегатів з метою оцінки їх можливого ресурсу та прискореного виявлення слабких місць. Тому вже до початку 50-х років минулого століття практично всі великі автомобілебудівні фірми там мали розвиненими випробувальними полігонами. У вітчизняному автомобілебудуванні Центральний автополігон НАМІ було введено в експлуатацію у 1964 р. і за своєю оснащеністю, обсягами випробувань зайняв місце одного з найбільших у світі. Згодом, враховуючи масштаби та зміст випробувальної діяльності, полігон був перетворений на Науково-дослідний центр з випробувань та доведення автотехніки – НІЦАМТ. Проблема прискорення та форсування випробувань на полігонах вирішується шляхом впливу на елементи автомобіля збільшених навантажень та скорочення їхнього часу.

Узагальнення результатів випробувань показує, що здебільшого випадків базові деталі автомобілів ушкоджуються не через недостатню статистичної міцності, а внаслідок накопичення втоми у матеріалі від змінних повторюваних навантажень. Зародилися спочатку втомні мікротріщини в матеріалі під дією багатьох тисяч циклів змінних навантажень розвиваються в макротріщини і призводять до руйнування. Виявити показники безвідмовності та довговічності тих чи інших вузлів, агрегатів чи автомобіля загалом дозволяють випробування на спеціальних дорогах полігону. Різні типи випробувальних доріг і методів дозволяють імітувати експлуатаційні умови та прискорювати процес оцінки надійності та довговічності автомобільних вузлів і агрегатів. Це включає

використання доріг з нерівною поверхнею, косими хвилями, швидкісних треків та інших спеціальних ділянок для створення підвищених навантажень на автомобільні компоненти.

3.2.3 Спеціальні випробування

Спеціальні випробування автомобілів проводяться, як правило, при невеликих пробігах у тих режимах руху та за тієї навантаження, які визначаються цілями таких випробувань. Якщо при експлуатаційних або полігонних випробуваннях автомобіль обладнується відносно невеликою кількістю вимірювальної апаратури, то при проведенні спеціальних випробувань для отримання максимуму інформації про ті навантаження, які впливають на досліджувані агрегати або деталі, такої апаратури досить багато (датчики, вимірювачі, акселерометри та інша реєструюча апаратура).

Спеціальні випробування проводяться на звичайних автомобільних дорогах і мають на меті досліджувати фактори, що впливають на надійність того чи іншого агрегату автомобіля. Протяжність таких випробувань зазвичай складає від 60 до 80 км.

Результати спеціальних випробувань після обробки використовуються для відтворення експлуатаційних умов у стендових випробуваннях.

3.3 Випробування на плавність ходу

Під плавністю ходу автомобіля мається на увазі властивість забезпечувати захист водія, пасажирів, вантажів, що перевозяться, та власних агрегатів від впливу вібрацій, що виникають при рух. Таким чином, плавність ходу визначає загальну комфортабельність автомобіля, збереження вантажів, а також допустиму швидкість руху по дорогах з нерівним твердим покриттям або вибоїстим ґрунтовим дорогам [26, 28].

Показники плавності ходу автомобіля визначаються на основі аналізу вертикальних та горизонтальних (поздовжніх та поперечних) віброприскорень, що діють на водія (пасажирів) у характерних місцях підресореної частини. Оцінка рівня вібрацій підресореної частини вантажного автомобіля, а також причепа або напівпричепа повинна проводитися за середніми квадратичними значеннями вертикальних віброприскорень, що вимірюються у двох характерних точках.

При випробуванні автомобіль має бути комплектним, обкатаним (але мати пробіг не більше 10 тис. км), тиск повітря в шинах має відповідати зазначеному у посібнику з експлуатації. Маса вантажу та його розміщення повинні відповідати проектним або зазначеним у технічні умови.

Випробування повинні проводитись на наступних типах доріг:

I – з асфальтобетонним або цементобетонним покриттям у гарному стані. Середня квадратична висота нерівностей $0,6 \cdot 10^{-2}$ м;

II – бруківка брукована дорога без вибоїн. Середня квадратична висота нерівностей $1,1 \cdot 10^{-2}$ м;

III – бруківка брукована дорога з вибоїнами. Середня квадратична висота нерівностей $2,9 \cdot 10^{-2}$ м.

Для проведення вимірювань та реєстрації віброприскорень у дорожніх умовах використовується комплект апаратури, що включає первинні перетворювачі (датчики), підсилювачі, фільтр та магнітограф. Сумарна похибка виміру має перевищувати 10 %.

Після обробки результатів випробувань та складання звіту виноситься висновок щодо порівняльної оцінки плавності ходу випробуваного автомобіля та зіставляваних аналогів.

3.4 Випробувальні автомобільні полігони США, Європи та Азії

У 1964 році було введено в дію Центральний науково-дослідний автомобільний полігон НАМІ. Він має у своєму складі [28]:

- швидкісну дорогу (кільцеву), призначену для проведення довгострокових випробувань пробігом АТС при високих швидкостях руху. Довжина цієї дороги 14 км. Ширина - 10 м із укріпленими узбіччями. Асфальтобетонне покриття. Нахили поздовжнього профілю не перевищують 4%. Радіуси поворотів 1000, 1000, 1200 та 2000 м з прямолінійним поперечним профілем. Ця дорога дозволяє рухатися зі швидкістю 200 км/год і швидше;

- дорогу з надолбами (кільцеву), довжиною 8,3 км, призначену для випробувань пробігом АТС при підвищених навантаженнях на підвіску та ходову частину. Проїзна частина складається з двох розташованих рядом смуг для руху. Внутрішня смуга шириною 3,5 м має рівне мощення валунними надолбами. Профіль зовнішньої смуги (ширина 4 м) спеціально розроблений на основі вивчення та вимірів нерівностей ряду доріг загального користування з деформованим (вибитим) покриттям;

- дорогу "короткі хвилі", що призначена для дослідження впливу резонансних коливань та вібрацій на роботу та міцність різних вузлів та систем автомобіля;

- "бельгійську бруківку", яка являє собою гранітну бруківку з нерегулярно розміщеними нерівностями у вигляді заглиблень до 3-4 см завглибшки. Мета такої дороги – форсування випробувань на опір втоми та надійності в умовах сильної тряски та вібрації.

Полігон "Дженерал Моторс" у м. Мілфорд (США) має площу понад 1500 га. У його складі є: кільцева дорога, два швидкісні треки, дві взаємно перпендикулярні динамометричні дороги, мережа доріг з різними покриттями для випробувань на плавність ходу та керованість, для випробування армійських машин на надійність та довговічність.

Технічний центр "Пежо" (Франція) займає площу приблизно 400 га. На полігоні розміщені такі випробувальні траси:

- траса тривалих випробувань завдовжки 5,2 км;
- кільцевий швидкісний трек завдовжки 3,5 км із чотирма крутими віражами,

- "дорога тортур" - бруківка, що складається з надолбів для випробувань міцності підвіски та кузова автомобіля;

Під час створення демонстраційно-випробувального полігону ХК "АвтоКраз" враховувалися вимоги стандартів та нормативних вимог до випробуванням, а також передовий досвід вітчизняних та закордонних досліджень з випробувань автомобілів. Демонстраційно-випробувальний полігон ХК "АвтоКраз" має перешкоди та спецділянки, які дозволяють проводити випробування прохідності, маневреності, динамічних якостей автомобілів, а також створювати граничні навантаження як на автомобіль загалом, так і на його вузли та деталі: на раму, підвіску, мости, кермо та ін.

У місті Абу-Дабі (Об'єднані Арабські Емірати). Перешкоди підібрані таким чином, щоб створити максимальні (У багатьох випадках екстремальні) навантаження на всі складові частини автомобілів підвищеної прохідності.

- ділянка "Завал з косорозташованих балок" - 8 бетонних балок висотою 0,4 м та шириною 0,4 м розташовані під кутом 30 градусів одна до одної. На цій ділянці перевіряється не лише геометрична прохідність автомобіля, але й відбуваються випробування рульового керування, рами, підвіски та мостів автомобіля в умовах високих знакозмінних навантажень;

- Ділянка "Завал з паралельних балок" - у 2 ряди (по 15 штук у кожному) розташовані бетонні балки висотою та шириною по 0,4 м; відстань між балками 0,6 м (вздовж напрямку руху). На цьому ділянці також перевіряється геометрична прохідність автомобіля та відбуваються випробування рульового управління, рами, підвіски та мостів. автомобіля в умовах повторюваних (циклічних) навантажень.

- перешкода "Гірка із труб" - 10 бетонних труб діаметром 0,8 м утворюють гірку заввишки 1 м. На цій ділянці перевіряється геометрична прохідність автомобіля, а також випробовуються рама, підвіска та мости автомобіля в умовах циклічних навантажень;

- перешкода "Циліндричні купини" - 6 купин циліндричної форми висотою 0,4 м, розташовані в 2 ряди, при цьому між окремими купинами висота

дорожнього покриття неоднакова, що дозволяє перевірити кермо, раму, підвіску, мости автомобіля. в умовах великих знакозмінних навантажень;

- перешкода "Багатоступінчастий уступ" – ступінчаста симетрична бетонна гірка, в якій нижні 2 ступені мають висоту по 0,2 м кожен, а верхній ступінь - 0,4 м. Загальна висота перешкоди - 0,8 м. цій ділянці також перевіряється геометрична прохідність автомобіля та випробовуються рама, підвіска та мости автомобіля в умовах одиночних пікових навантажень.

За трасою другого ряду перешкод (ліворуч від трибуни) розташовується перешкода "Трамплін" заввишки 0,5 м. На цьому перешкоди випробовуються рама, підвіски та мости автомобіля на вплив надзвичайно високого одиночного навантаження;

- перешкода "Залізничний насипна залізничного насипу висотою 0,7 м покладено фрагмент залізничної колії довжиною 6,25 м. Висота від основи насипу до верху рейок - 0,9 м. На цій перешкоді перевіряється геометрична прохідність автомобіля у складних дорожніх умовах, а також випробовуються рама, підвіска та мости автомобіля;

- перешкода "Косогор" із поперечним ухилом 20 градусів; довжина косогору - 15 м. На цій перешкоді перевіряється стійкість автомобіля, що рухається до бокового перекидання (за ГОСТ В25759-83).

3.5 Методи діагностування автомобілів

Складність конструкцій сучасних автомобілів і відповідальність за якість діагностичних досліджень зростають. Досягти потрібного рівня вірогідності і якості діагностичної інформації дають змогу сучасні методи діагностування. Методи діагностування поділяються на організаційні і технологічні Організаційні методи визначають характер основних задач діагностування, застосування і вибір засобів діагностування, алгоритми та програми діагностування [24].

Технологічні методи діагностування – це множина способів і прийомів подачі вхідних, реєстрації вихідних сигналів, вимірювання діагностичних

параметрів і виявлення діагностичних ознак технічного стану. За застосуванням засобів діагностування методи діагностування поділяють на два класи: органолептичні (суб'єктивні), інструментальні (об'єктивні).

Органолептичні методи включають прослуховування, огляд, перевірку дотиком і нюхом. Прослуховуванням виявляють місця і характер ненормальних стуків, шумів, перебоїв у роботі двигуна, відмов у силовій передачі та ходовій частині (за шумом), нещільності (за шумом повітря, що проривається) і таке інше. Оглядом установлюють місця підтікання води, масла, палива, колір випускних газів, диміння із сапуна, биття обертових частин, натяг ланцюгових передач тощо. Дотиком визначають місця і ступінь ненормального нагрівання, биття, вібрації деталей, в'язкість, липкість рідини тощо. Нюхом виявляють за характерним запахом несправність зчеплення, витікання бензину, електроліту, підгоряння електропровідників тощо.

Інструментальні методи застосовують для вимірювання і контролю всіх параметрів технічного стану, використовуючи при цьому засоби діагностування.

За періодичністю методи діагностування поділяють на такі, що застосовують у плановому регламентованому і в позаплановому, заявковому порядках. Діагностуванням, виконаним згідно з планом, розв'язують задачі перевірки роботоздатності, а також визначення залишкового ресурсу агрегатів і машини в цілому. З цією метою із усієї сукупності діагностичних параметрів виділяють узагальнені, котрі обов'язково вимірюють під час технічного обслуговування. Серед узагальнених є група ресурсних діагностичних параметрів, досягнення якими граничних значень, обумовлює капітальний ремонт об'єкта діагностування. До таких ресурсних параметрів відносяться витрата газів, що прориваються в картер, коефіцієнт витрати рідини гідроприводу коробки передач тощо.

4 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

При проектуванні підвіски сучасного автомобіля має бути вирішено цілий комплекс тісно пов'язаних між собою питань, які забезпечать необхідну плавність ходу. Керованість та стійкість, а також достатню довговічність усіх деталей підвіски ходової частини та пневматичних шин.

Під час проведення проектувального розрахунку слід дотримуватися наступної послідовності:

- а) вибір вертикальної пружної характеристики підвіски;
- б) проектування основного пружного елемента підвіски;
- в) визначення навантажувальних режимів елементів підвіски;
- г) розрахунок елементів підвіски на міцність;
- г) висновки

4.1 Вибір вертикальної пружної характеристики підвіски

Пружна характеристика підвіски – це залежність між вертикальним навантаженням P та деформацією підвіски f , вимірюною безпосередньо над віссю колеса. Оскільки підвіска, що розробляється, є дворежимною, то, отже, і вертикальних пружних характеристик буде дві: для автомобіля з повним навантаженням і для автомобіля з частковим навантаженням.

Власна частота коливань підресорених мас повинна перебувати в межах, що відповідають коливанням тіла людини при спокійній ходьбі, тобто приблизно $n=1,42$ Гц.

Тоді статичний прогин підвіски дорівнює [1, 2, 3, 4, 30]:

$$f_{\text{ст}} = \frac{g}{4 \cdot \pi^2 \cdot n^2} = \frac{9,81}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,42^2} = 0,125 \text{ м} = 125 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

Визначаємо статичне навантаження $P_{\text{ст}}$:

- а) для автомобіля з частковим навантаженням

$$P_{ст2}=G-G_{н2}, \quad (4.2)$$

де $G=M_{2\text{ снар}} \cdot g=283 \cdot 9,81=2776$ Н – вага, припадає на задню вісь спорядженого автомобіля;

$G_{н2}=m_{н2} \cdot g=25 \cdot 9,81=245$ Н- вага безпружинних частин задньої підвіски;

$P_{ст2}=2776-245=2531$ Н.

Динамічний хід колеса догори при стисканні

$$f_{дв}=K_c f_{ст}=0,9 \cdot 125=112 \text{ мм}, \quad (4.3)$$

де $K_c=0,9 \dots 1$ – для задніх підвісок.

Переміщення коліс підвіски до включення обмежувача під час стиснення

$$f_2=K'_c f_{дв}=0,7 \cdot 112=78,5 \text{ мм}, \quad (4.4)$$

де $K'_c=0,7$ – для задніх підвісок.

Динамічний хід колеса вниз під час відбою

$$f_{дн}=K_o f_2=1,3 \cdot 78,5=102 \text{ мм}, \quad (4.5)$$

де $K_o=1,3$.

Переміщення коліс підвіски до включення обмежувача під час відбою

$$f_1=K'_o f_{дн}=0,7 \cdot 102=71 \text{ мм}, \quad (4.6)$$

де $K'_o=0,7$.

Динамічне навантаження визначається:

$$P_{д2}=K_{д}P_{ст2}=3 \cdot 2531=7593 \text{ Н}, \quad (4.7)$$

де $K_{д}=3$.

Визначаємо приведену жорсткість підвіски:

$$2C_{p2}=P_{ст2}/f_{ст}=2531/0,125=20318 \text{ Н/м}. \quad (4.8)$$

Визначаємо наведену жорсткість підвіски:

$$2C'_{уп2}=(P_{д}-2C_{p2}(f_2+f_{ст}))/f_{дв}-f_2) \quad (4.9)$$

$$2C'_{уп}=(7593-20318 \cdot (0,0785+0,125))/(0,112-0,0785)=103095 \text{ Н/м}.$$

Визначаємо жорсткість нижнього упору:

$$2C''_{уп2}=(P_{ст}-2C_{p2}f_1)/(f_{дн}-f_1) \quad (4.10)$$

$$2C''_{уп}=(2531-20318 \cdot 0,0714)/(0,102-0,0714)=35290 \text{ Н/м}$$

б) для автомобіля з повним навантаженням

$$P_{ст2}=G-G_{н2},$$

де $G = M_{2 \text{ снар}} \cdot g = 550 \cdot 9,81 = 5396 \text{ Н}$ – вага припадає на задню вісь спорядженого автомобіля;

$$G_{\text{н2}} = m_{\text{н2}} \cdot g = 25 \cdot 9,81 = 245 \text{ Н} - \text{вага, непружних частин задньої підвіски.}$$

$$P_{\text{ст2}} = 5396 - 245 = 5150 \text{ Н.}$$

Динамічний хід колеса у гору при стисканні

$$f_{\text{дв}} = K_{\text{с}} f_{\text{ст}} = 0,9 \cdot 125 = 112 \text{ мм,}$$

де $K_{\text{с}} = 0,9 \dots 1$ – для задніх підвісок.

Переміщення коліс підвіски до включення обмежувача під час стиснення

$$f_2 = K'_{\text{с}} f_{\text{дв}} = 0,7 \cdot 112 = 78,5 \text{ мм,}$$

де $K'_{\text{с}} = 0,7$.

Динамічний хід колеса вниз під час відбою

$$f_{\text{дн}} = K_{\text{о}} f_2 = 1,3 \cdot 78,5 = 102 \text{ мм,}$$

де $K_{\text{о}} = 1,3$.

Переміщення коліс підвіски до включення обмежувача під час відбою

$$f_1 = K'_{\text{о}} f_{\text{дн}} = 0,7 \cdot 102 = 71 \text{ мм,}$$

де $K'_o=0,7$.

Динамічне навантаження визначається

$$P_{д2}=K_d P_{ст2}=3 \cdot 5150=15450 \text{ Н}$$

де $K_d=3$.

Визначаємо наведену жорсткість підвіски:

$$2C_{p2}=P_{ст2}/f_{ст}=5150/0,125=41345 \text{ Н/м}$$

Визначаємо жорсткість верхнього упору:

$$2C'_{уп2}=(P_{д2}-2C_{p2}(f_2+f_{ст}))/f_{дв}-f_2)$$

$$2C'_{уп}=(15450-41345 \cdot (0,0785+0,125))/(0,112-0,0785)=209790 \text{ Н/м}$$

Визначаємо жорсткість нижнього упору:

$$2C''_{уп2}=(P_{ст2}-2C_{p2}f_1)/(f_{дн}-f_1)$$

$$2C''_{уп}=(5150-41345 \cdot 0,0714)/(0,102-0,0714)=71803 \text{ Н/м}$$

За результатами розрахунку за формулами (4.1)...(4.10) побудуємо вертикальні пружні характеристики задньої підвіски для повністю навантаженого і спорядженого станів.

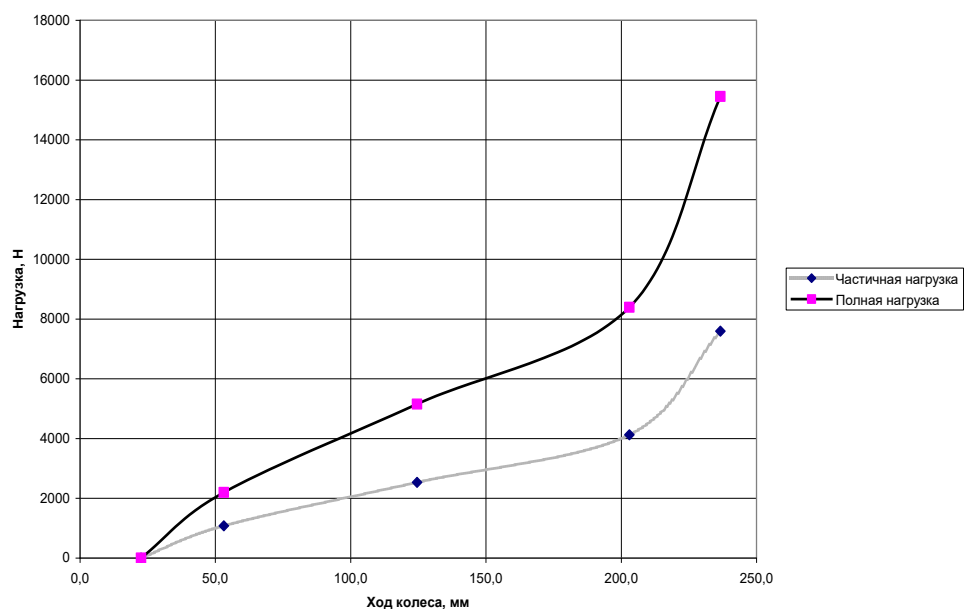


Рисунок 4.1 – Вертикальна упруга характеристика задньої підвіски.

4.1.1 Проектування основного пружного елемента

Для розрахунку пружини необхідно визначити жорсткість пружини:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{под}} \mu_0 / 2 = 20318 \cdot 1,286 / 2 = 13,06 \text{ кН/м}, \quad (4.11)$$

де $C_{\text{под}}$ – мінімальна жорсткість підвіски, тобто. жорсткість при частковому навантаженні.

$$\mu_0 = \left(\frac{d}{d_a} \right)^2 \cdot \cos \delta = \left(\frac{420}{370} \right)^2 \cdot \cos 3,4 = 1,286 - \text{передавальна функція, що}$$

направляє апарата при положенні статичної рівноваги.

Визначаємо середній діаметр пружини:

$$G = \sqrt{\frac{8 \cdot (7,6 \cdot 10^{10})^3 \cdot 7^4}{1,22 \cdot 3,14^4 \cdot (8,5 \cdot 10^8)^4} \cdot \frac{1266}{9^3} \cdot 1,6537 \cdot \frac{(0,1246 + 0,112)^4}{0,1246}} = 112,5 \text{ мм}, (4.12)$$

де $G = 7,6 \cdot 10^4$ МПа – модуль пружності пружинної сталі під час кручення;

$P_k = P_{ст}/2$ – зусилля на важіль підвіски;

$n_p = 9$ – число робочих витків;

$\tau = 850$ МПа – допустима контактна напруга;

$K = D/d \approx 7$.

Визначаємо діаметр дроту:

$$d = \frac{\Pi \cdot \tau}{G \cdot K} \cdot \mu_0 \cdot n \cdot D^2 \cdot \frac{1}{f_{ст} + f_{дв}} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 850 \cdot 10^6}{0,76 \cdot 10^{10} \cdot 7} \cdot 1,286 \cdot 9 \cdot 0,1125^2 \cdot \frac{1}{0,1246 \cdot 0,112} \approx 10 \text{ мм} (3.13).$$

Повна кількість витків пружини:

$$n = n_p + 1,5 = 10,5. \quad (4.14)$$

Деформація пружини:

$$f=(f_{\text{ст}}+f_{\text{дв}}) \mu_0=(124,6+112) \cdot 1,286=304,3 \text{ мм.} \quad (4.15)$$

Мінімальна довжина пружини:

$$l_{\text{min}}=n \cdot d+1,5(n-2)=10,5 \cdot 8+1,5 \cdot 8,5=97 \text{ мм.} \quad (4.16)$$

Максимальна довжина пружини при вільному стані

$$l_{\text{max}}=l_{\text{min}}+f_{\text{ст}}=97+124,6=221,6 \text{ мм.} \quad (4.17)$$

Дотичні напруги, що виникають при динамічному навантаженні, порівнюємо з допустимою напругою:

$$\tau_{\text{max}} = k \frac{P'_d D}{2W_p} \quad (4.18)$$

де $P'_d = C_n f = 13,06 \cdot 304,3 = 3974 \text{ Ї}$ - зусилля, що діє на пружину при динамічній навантаженні;

W_p - полярний момент опору перерізу дроту пружини.

$$\tau_{\text{max}} = K(P_j \cdot D) / 2W_p = 1,136 \cdot (3974 \cdot 88,5 \cdot 10^{-3}) / (2 \cdot 0,1 \cdot (8 \cdot 10^{-3})^3) = 390 \text{ МПа,} \quad (4.19)$$

$$W_p = \pi d^4 / 32 = 0,1 d^4, \quad (4.20)$$

де $K=1+1,5d/D_{cp}=1+1,5\cdot 8/88,5= 1,136$ - коефіцієнт форми пружини

$$\tau_{\max} \leq [\tau]$$

$$390 < 900 \text{ МПа.}$$

Пружина виготовляється із сталі 65Г.

4.1.2 Розрахунок навантажувальних режимів

Визначаємо сили та моменти, що діють у небезпечному перерізі підвіски
Розглянемо кілька розрахункових випадків.

а) автомобіль стоїть

$$Z_2'' = Z_2'' = \frac{G_a \cdot a}{2L} = \frac{980 \cdot 1079}{2 \cdot 2300} = 229,87 \text{ кг} = 2298,7 \text{ Н}. \quad (4.21)$$

За вирахуванням безпружинних мас буде

$$(Z_2^1 - q) = (Z_2^{11} - q) = 229,87 - 25 = 204,87 \text{ кг} = 2048,7 \text{ Н}, \quad (4.22)$$

при цьому сила, що діє на пружину, дорівнює

$$P_{np} = 205 \text{ кг} = 2050 \text{ Н.}$$

Визначаємо моменти у цьому перерізі

$$M_u = -(Z_2'' - q) \cdot a_1 + P_{np} \cdot b_1 = -204,87 \cdot 5 + 205 \cdot 10,5 = 11281,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\tau = (Z_2'' - q) \cdot m_2 + P_{np} \cdot n_2 = 204,87 \cdot 10 + 205 \cdot 4,85 = 3042,9 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$F = (Z_2'' - q) - P_{np} = 1,87 \text{ кг} (\perp \text{ земля})$$

б) автомобіль рухається через перешкоду

$$Z_{2d}^1 = Z_{2d}^{11} = K_d \cdot Z_2^{11} = 2 \cdot 229,87 = 459,74 \text{ кЗ} = 4597,4 \text{ Н}$$

$$P_{np} = K_d \cdot P_{np} = 2 \cdot 205 = 410 \text{ кЗ} = 4100 \text{ Н}$$

$$M_u = -Z_{2d}^{11} \cdot a + P_{np} \cdot b_1 = 459,74 \cdot 5 + 410 \cdot 10,5 = 2006,3 \text{ кЗ} \cdot \text{см}$$

$$\tau = Z_{2d}^{11} \cdot m_1 + P_{np} \cdot n_1 = 459,74 \cdot 9,5 + 410 \cdot 5,35 = 6561,03 \text{ кЗ} \cdot \text{см}$$

$$F = Z_{2d}^{11} - P_{np} = 459,74 - 410 = 49,74 \text{ кЗ}$$

в) автомобіль при русі прямо

$$Z_2^1 = Z_2^{11} = G_a \frac{a}{2L} \left(1 - \gamma_p \frac{h_d}{l} \right) = 229,87 \left(1 - 0,359 \frac{52,5}{107,9} \right) = 189,71 \text{ кЗ} = 1897,1 \text{ Н}$$

$$(Z_2^1 - q) = (Z_2^{11} - q) = 189,71 - 25 = 164,7 \text{ кЗ} = 1647 \text{ Н}$$

$$P_{np} = 120 \text{ кЗ} = 1200 \text{ Н}$$

$$M_u^b = -(Z_2^1 - q) \cdot a - P_{np} \cdot b_1 = -164,7 \cdot 5 + 120 \cdot 10,5 = 436,5 \text{ кЗ} \cdot \text{см}$$

$$T = (Z_2^1 - q) \cdot m_1 + P_{np} \cdot n_1 = 164,7 \cdot 9,5 + 120 \cdot 9,5 = 2206,65 \text{ кЗ} \cdot \text{см}$$

$$F = (Z_2^1 - q) - P_{np} = 164,7 - 120 = 44,7 \text{ кЗ} = 447 \text{ Н}$$

г) при гальмуванні

$$Z_{1r}^1 = Z_{2r}^{11} = \frac{G_a (a + \varphi_{\delta} \cdot h_d)}{2L} = \frac{980(107,9 + 0,8 \cdot 52,5)}{2 \cdot 230} = 319,35 \text{ кЗ} = 3193,5 \text{ Н}$$

$$(Z_{1r}^1 - q) = 294,35 \text{ кЗ} = 2943,5 \text{ Н}$$

$$P_{np} = 325 \text{ кГ}$$

$$X_{2r}^{11} = X_{2r}^{11} = \varphi \cdot Z_{1r}^1 = 0,8 \cdot 319,35 = 255,48 \text{ кЗ} = 2554,8 \text{ Н}$$

$$M_u^b = (Z_{2\tau}^1 - q) \cdot a - P_{np} \cdot b_1 + X_{2\tau}^{11} \cdot H = 1471,75 - 3412,5 + 255,48 \cdot 19,9 = 3143,3 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$M_u^r = X_{2\tau}^{11} \cdot m = 255,48 \cdot 9,5 = 2427,06 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$T = (Z_{2\tau}^1 - q) \cdot m_1 + (P_{np} \cdot n_1) = 294,35 \cdot 9,5 + 325 \cdot 5,35 = 453,07 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$N_1 = X_{2\tau}^{11} = 255,48 \text{ кг}$$

$$F_1 = -(Z_{2\tau}^{11} - q) + P_{np} = -294,35 + 325 = 30,65 \text{ кг}$$

4.1.3 Розрахунок елементів підвіски на міцність

Визначаємо напругу вигину в небезпечному перерізі

$$\text{а) } \delta_u = \frac{M_u}{W} = \frac{M_u}{0,1 \cdot d^3} = \frac{1128,14}{0,1 \cdot 6,5^3} = 41 \text{ кг/см}^2 \quad \tau = \frac{T}{W_{кр}} = \frac{3042,9}{17,31} = 175,78 \text{ кг/см}^2$$

$$\text{б) } \delta_u = \frac{M_u}{W} = \frac{M_u}{0,1 \cdot d^3} = \frac{20006,3}{0,1 \cdot 6,5^3} = 73,2 \text{ кг/см}^2 \quad \tau = \frac{T}{W_{кр}} = \frac{6561,03}{17,31} = 379,03 \text{ кг/см}^2$$

$$\text{в) } \delta_u = \frac{M_u}{W} = \frac{M_u}{0,1 \cdot d^3} = 15,9 \text{ кг/см}^2 \quad \tau = \frac{T}{W_{кр}} = 127,47 \text{ кг/см}^2$$

$$\text{г) } \delta_u = \frac{M_u}{W} = 88,54 \text{ кг/см}^2 \quad \tau = \frac{T}{W_{кр}} = 261,99 \text{ кг/см}^2$$

Визначаємо напруги стиснення у сайлент-блоках

$$\delta_{сж} = E_{\kappa} \cdot \frac{\delta \cdot I_o}{(\delta - I_o)^2} = \frac{24 \cdot 3,117 \cdot 1,2 \cdot I_o}{(1,2 - I_o)^2} = 89,7 \frac{I_o}{(1,2 - I_o)^2} \text{ кг/см}^2$$

де $E=3 \cdot G=24 \text{ кг/см}^2$ – модуль упругості и модуль сдвига резины при твердості 60÷70

$$K = 1 + m \frac{r_2 \cdot l}{(2r_2 + l)\delta} = 1 + 4,67 \frac{0,8 \cdot 3,4}{(2 \cdot 0,8 + 3,4)1,2} = 117 - \text{коефіцієнт форми}$$

$m=4,67$ – коефіцієнт зчеплення гуми з арматурою

$r_2=0,8 \text{ см}$ – внутрішній радіус втулки

$l=3,4 \text{ см}$ – робоча довжина втулки

Таблиця 4.1 – результати розрахунку навантажувальних режимів

Нагрузка	Статика	Подолання перешкоди	Рух вперед	Гальму вання
$M_{и}^B$ кг·см	1128,14	2006,3	436,5	3143,3
$M_{и}^Г$ кг·см	--	--	--	2427,06
T кг·см	3042,9	6561,03	2206,65	4535,07
N кг	--	--	--	255,48
F_1 кг	1,87	49,74	44,7	30,65
F_2 кг	--	--	--	--

Висновки

В балці задньої підвіски в усіх розрахункових перерізах запас міцності цілком припустимий, навіть за екстремальному навантаженні, тобто. при переїзді через перешкоду або занесення.

Це відноситься не тільки до перерізу самої балки, що має по кресленню товщину стінки = 3 мм, але і до перерізу має пропоновану товщину = 2,5 мм.

При таких експлуатаційних режимах як статика, рух уперед та гальмування, у запасі міцності зміни невеликі.

Роботоздатність щодо жорсткості має бути перевірена експериментально.

Напруга в сайлент-блоках знаходиться в допустимих межах.

4.2 Призначення, будову та принцип роботи стенду для діагностики підвіски автомобіля

Стенд призначений для визначення люфтів передньої та задньої підвіски автомобілів. Стенд дає показання ступеня зносу поверхонь, що труться - наявність або відсутність в них зазору і за непрямыми ознаками його величина визначає справність або несправність системи [31, 32, 33, 34].

Стенд складається з опорних майданчиків, закріплених на важелях і встановлених на опори з роликowymi підшипниками. При цьому забезпечується переміщення майданчика перпендикулярно до осі руху автомобіля.

Це дає можливість визначення люфтів у наступних парах:

- підшипник маточини колеса;
- шкворневе з'єднання;
- кріпильні вузли пружних елементів.

Даний рух майданчика забезпечує гідравлічний привід із силовим гідроциліндром, який закріплюється на рамі. Проміжною ланкою між майданчиком та силовим циліндром є датчик зусилля.

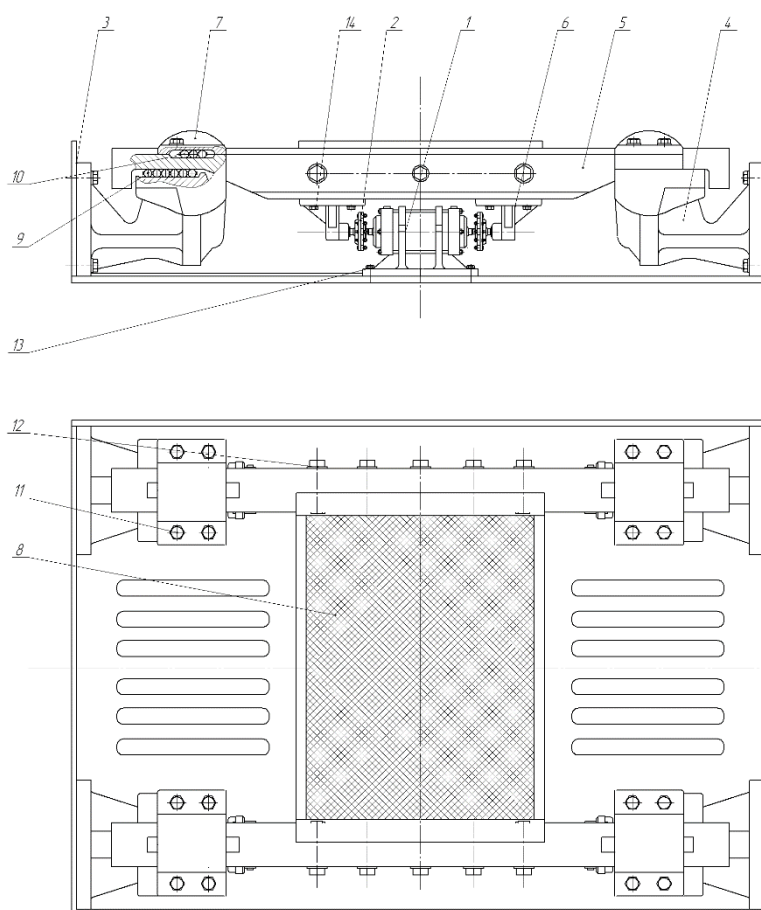


Рисунок 4.2 - Стенд для визначення технічного стану підвіски автомобіля:
1-гідроциліндр; 2-датчик; 3-корпус; 4-опора; 5-балка; 6-упор; 7-кришка; 8-майданчик; 9-ролик; 10-ролик;

4.2.1 Силовий розрахунок стенду

У разі силовий розрахунок стенду зводиться до визначення енергії необхідної для переміщення майданчика стенда.

а) Визначимо зусилля на штоку створюване під час встановлення вантажного автомобіля. Враховуючи можливі масові характеристики та коефіцієнт перекошування роликового підшипника 0,02, дане значення задається величиною 7500Н

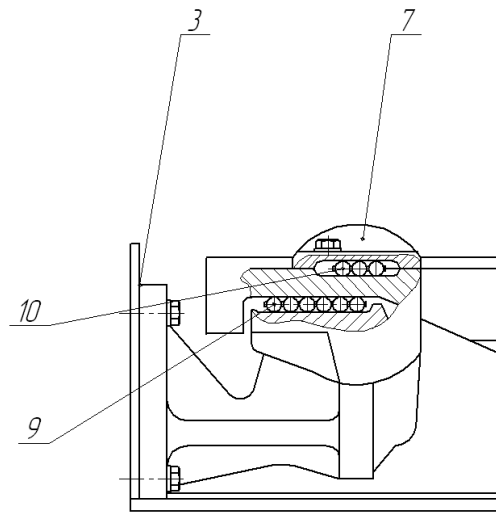


Рисунок 4.3 - Сили діючі на ролик

$$F = G_{\kappa} \lambda a$$

де λ – коефіцієнт качення ролика 0,02;

G_{κ} – вага припадає на одне колесо;

A_a – коефіцієнт завантаження 20

$$F = 2250 \cdot 0,02 \cdot 20 = 9000H$$

б) Найбільш ефективним в даному випадку буде гідропривід, що обумовлено навантаженням, а головне частотою переміщення штока циліндра. Так як, тиск гідроприводу як правило має фіксоване значення виникає необхідність визначити мінімально необхідний діаметр робочого циліндра.

$$P = \frac{F}{(A \cdot \eta)} \quad (4.23)$$

де F – Сила на штоці 9000H

A – Площа поперечного січення поршня;

η – гидромеханічний ККД;

звідки

$$A\eta = \frac{F}{P}$$

отже

$$d = \sqrt{\frac{4(\frac{F}{P})}{\eta\pi}} \quad (4.24)$$

$$d = \sqrt{\frac{4(\frac{9000}{6 \cdot 10^6})}{0.97 \cdot 3.14}} = 0.044_{\text{мм}}$$

Таким чином мінімально необхідний діаметр поршня дорівнюватиме я дорівнюватиме $D=0,044\text{м}$. З метою зниження навантажень на гідропривід пропонується збільшити діаметр циліндра до 50 мм, при цьому тиск у приводі закріпити на рівні 6МПа.

4.2.2 Розрахунок міцності елементів стенду

Зробимо перевірочний розрахунок діаметра стрижня кріпильного болта тензодатчика, що передає навантаження від майданчика до циліндра.

Міцність витків гайки перевіряють за напругою зрізу

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F_a}{A_{\text{ср}}} = \frac{F_a}{\pi \cdot d \cdot k \cdot H} \leq [\tau_{\text{ср}}], \quad (4.25)$$

де d – зовнішній діаметр різьблення, мм;

k – коефіцієнт повноти різьблення.

$$\tau_{cp} = \frac{9000}{3,14 \cdot 0,020 \cdot 0,5 \cdot 0,025} = 11486523 \text{ Па} < 45 \text{ МПа.}$$

Як видно з розрахунку, умова на міцність витків проти зрізу виконується.

Поломка гвинтів зустрічається рідко і тому розрахунок гвинтів на міцність виконується лише за дії значних навантажень.

З конструктивних міркувань було прийнято рішення виконати важіль зі сталі.

Розрахуємо важіль заданого перерізу за відповідним методом опору матеріалів

Виходячи з умови опору зминання вигину:

$$G_{cm} = \frac{P}{F}, \quad (4.26)$$

де P - вертикальне навантаження, що сприймається балкою (приймаємо $P_{\max}$), Н;

F - площа поперечного перерізу, мм^2 ;

$[G_{cm}]$ - допустимі навантаження на зминання, МПа;

де $[G_{cm}]$ - межа міцності ;для сталі 40Х = 800 МПа;

$[G_{cm}] = 2 \cdot 800 = 1600 \text{ МПа.}$

Тобто перевіряємо заздалегідь підібраний перетин на міцність при згинанні:

$$[G_{cm}] = \frac{P^{\max}}{F} \quad (4.27)$$

$$[G_{cm}] = \frac{8000}{154 \cdot 10^{-6}} = 230 \text{ МПа}$$

Таким чином:

$$800\text{МПа} > 230\text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Розрахунок фундаментних болтів кріплення.

Матеріал анкерних болтів Ст3, з напругою розриву $[G_P]=240\text{МПа}$.

Діаметр різьблення розраховуємо за формулою:

$$d_1 = 1.31 \sqrt{\frac{P}{[G_P]}} \quad (4.28)$$

де P – навантаження після затягування фундаментного болта, $P= 5700\text{Н}$.

$$d_1 = 1.31 \sqrt{\frac{5700}{240 \cdot 10^6}} = 0,020 \text{ м}.$$

Приймаємо $M20 \times 1,5$. Тоді розраховуємо на розтяг з урахуванням попередньої затяжки, яка характеризується коефіцієнтом 1,35 за рівнянням:

$$1.35P = \frac{\pi d_1^2}{4} G_B. \quad (4.29)$$

Таким чином: $117513 < 137413$.

Помилка становить 1,6%, що допустимо.

Глибина закладки болта в бетон приймаємо рівною 25-30 діаметрам болта, що зумовлює його рівномірність при роботі на розрив і випресовування його з бетону.

Отже, довжина болта, згідно зі стандартним рядом довжин, становить:
 $L=500$ мм.

Розрахунок болтів кріплення майданчика на зріз за умовою міцності та стійкості зрізу

$$Q = P = \tau F . \quad (4.3)$$

Звідки

$$\tau = \frac{P}{F} , \quad (4.31)$$

де τ - контактна напруга;

F - площа поперечного перерізу болта;

P – зусилля на болті.

Діаметр болта розраховуємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} , \quad (4.32)$$

$$d = 0,0121 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр болта рівний 12 мм. Болт М12х1, 25 за ГОСТ 1193-70.

5 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛА (СИСТЕМИ)

5.1 Забезпечення надійності

Надійність виробу закладається в процесі його конструювання і розрахунку й забезпечується в процесі його виготовлення шляхом правильного вибору технології виробництва, контролю якості вихідних матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції, контролю режимів і умов виготовлення.

Надійність зберігається застосуванням правильних способів зберігання виробів і підтримується правильною експлуатацією його, планомірним відходом, профілактичним контролем і ремонтом.

I. При проектуванні виробу повинні бути враховані наступні фактори:

1) якість застосовуваних компонентів і деталей. Вибір комплектуючих компонентів і елементів повинен бути проведений з урахуванням умов роботи виробу (кліматичних і виробничих). Елементи повинні задовольняти вимогам по своїм функціональним властивостям і характеристикам, мати необхідну механічну, електричну і теплову міцності, необхідну точність і надійність в заданих умовах експлуатації. Необхідно прагнути застосовувати ті компоненти і елементи, що входять в схему і конструкцію виробу, які показали у випадках, аналогічних виробів, найкращі результати.

Розробка складних виробів і систем показала, що при використанні уніфікованих компонентів, деталей, вузлів та елементів різко підвищується надійність системи. Це пов'язано з тим, що уніфіковані елементи краще відпрацьовані в схемному та конструктивному відношенні і мають сталу і добре контрольовану технологію виготовлення.

В даний час широко поширено модульно-блочний (агрегатний) принцип побудови схем і конструкцій складних виробів. Складний виріб (система) складається з функціональних елементів, конструктивно оформлених у вигляді типових, стандартних по конструкції модулів або блоків. Стандартизація вхідних і

вихідних сигналів, параметрів джерел живлення, габаритних розмірів забезпечує спільну узгоджену роботу їх у виробі;

2) режими роботи компонентів і деталей. Вони повинні відповідати їх фізичним можливостям. Використання компонентів і деталей в режимах, не передбачених для їх застосування, є одним з основних джерел відмов. Не можна допускати режими більш важкі, ніж ті, які зазначаються в офіційній технічній документації на компоненти.

Істотним також є схемне рішення та конструкція виробу в цілому. Наявність перехідних процесів у схемі в окремі моменти її роботи може викликати появу додаткових факторів, що призводять до відмов. Різним варіантам розміщення компонентів, деталей і елементів усередині виробу будуть відповідати різний мікроклімат, різні за величиною впливи вібрації, радіації і т.д. Таким чином, правильний вибір і застосування компонентів і елементів схем і деталей конструкції, ретельна розробка схеми і її компонування, а також конструкції виробу є важливою умовою в досягненні високої надійності;

3) доступність всіх частин виробу і вхідних в них компонентів, деталей, вузлів, блоків та елементів для огляду, контролю і ремонту або заміни. Це є важливою умовою у підтриманні надійності в період експлуатації. Легкий доступ до приладів, елементів, вузлів, деталей конструкції і компонентам схем для огляду полегшує експлуатацію системи в цілому і забезпечує швидке відновлення її працездатності після появи відмови. У разі складних виробів і систем знаходять застосування пристрої для автоматичного контролю справності виробу.

4) захисні пристрої. При проектуванні систем для автоматичного регулювання та керування необхідна така побудова схем і конструкцій, щоб відмова в роботі елемента, вузла, виробу не призводила до аварійного стану всього об'єкта. У разі, якщо цього не вдається досягти при побудові основної схеми або конструкції виробу, то необхідно введення спеціальних елементів або пристроїв захисту, що дозволяють запобігти розвитку аварійної ситуації. Одним із шляхів захисту є застосування резервування елементів, приладів і пристроїв, несучих найбільш відповідальні функції.

II. При виробництві технічних систем повинен дотримуватися ряд умов, пов'язаних з підтриманням технологічної дисципліни та дотриманням сталості технологічних процесів при виготовленні виробів.

Належний контроль якості, недопущення порушення сортності матеріалів або недоброякісної заміни комплектуючих виробі; недопущення застосування комплектуючих виробів, які зазнали зберігання або транспортування в несприятливих умовах; дотримання чистоти обладнання, робочого місця, необхідних санітарних норм роботи; недопущення порушення режимів при складних технологічних процесах; недопущення порушень технології складання і правил електричного монтажу; належний контроль за операціями і при випуску готової продукції; періодична перевірка якості і надійності готової продукції.

При експлуатації виробів основними факторами, що впливають на їх надійність, є умови експлуатації: ретельно продумана система обслуговування.

5.2 Шляхи підвищення надійності

В області конструювання необхідно: знати фізику роботи (функціонування) виробу; знати фізику відмов; використовувати матеріали, комплектуючі елементи високої якості, мати всі необхідні дані про властивості, характеристики та параметри матеріалів з метою правильного вибору режимів і умов їх застосування; створювати надійні конструкції виробів з урахуванням умов експлуатації, місця установки на об'єкті, організації обслуговування; широко використовувати застосування уніфікованих деталей і вузлів високої якості; використовувати модульно-блочні принципи конструювання; проводити аналіз і розрахунок функціональних характеристик, розрахунки на надійність по відношенню до основних видів відмов схем і конструкцій всіх основних елементів, приладів і пристроїв, а також всього виробу (системи) в цілому.

В області виробництва необхідний: суворий вхідний контроль якості матеріалів; використання сучасних технологічних методів і досконалого технологічного обладнання; забезпечення чистоти і комфорту у виробничих

приміщеннях, суворий контроль технологічних операцій, контроль якості роботи технологічного обладнання; контроль за якістю виготовлених виробів після кожного основного етапу виготовлення; повний контроль властивостей, характеристик і параметрів всього виробу після його виготовлення; застосування сучасних способів упаковки для зберігання і транспортування виробу. В області експлуатації необхідно: застосовувати ретельно розроблені і обґрунтовані інструкції та методики щодо експлуатації, а також з профілактики та ремонту виробу; використовувати тільки кваліфікований обслуговуючий персонал; організувати на об'єктах збір повних і достовірних статистичних даних про відмови і простої апаратури (виробу);

Дослідження причин відмов і дефектів радіоелектронної апаратури показує, що 40-45% загальної кількості відмов походить від помилок, допущених при проектуванні, 20% від помилок, допущених при виробництві, 30% від експлуатаційних умов і неправильних режимів використання або неправильного обслуговування і близько 5-7% від природного зносу і старіння.

При прогнозуванні показників надійності в процесі проектування звичайно приймається, що показники надійності не збільшуються, не зменшуються в процесі виробництва та експлуатації.

ВИСНОВКИ

У першому загальнотехнічному розділі розглядалася загальна конструкція, матеріали виготовлення та вимоги до конструкції задньої підвіски автомобіля категорії М1. Далі були розглянуті ознаки класифікації, основні кінематичні схеми, основні переваги та недоліки залежної та незалежної підвісок. Було також торкнуте тему коливань та плавності ходу автомобіля, а можливі несправності підвіски розглянуті у таблицях. Описувалася конструкція автомобіля ЗАЗ-1102, його підвіска та її параметри.

У другому аналітичному розділі розглядалися методи виробництва деталей підвіски автомобіля, з особливою увагою до конструктивних особливостей деяких типів залежних та незалежних підвісок, таких як Макферсон, двоважільна на подвійних поперечних важелях, багатоважільна. Ці підвіски були розглянуті на конкретних прикладах у реальному житті. Також розглядалася тема адаптивної підвіски, її переваги над традиційною та як штучний інтелект впроваджується в автомобілебудування. Були розглянуті декілька найпопулярніших систем адаптивної підвіски та міжнародні лідери в цій сфері.

У третьому розділі, присвяченому діагностиці та випробуванням підвіски автомобіля, розглядалися методи діагностування автомобіля, включаючи лабораторні та дорожні випробування.

У конструкторському розділі проводилася робота над вибором вертикальної пружної характеристики підвіски, проектуванням основного пружного елемента, розрахунком навантажувальних режимів та міцності елементів підвіски. Описувалося призначення, будова та принцип роботи стенду для діагностики підвіски автомобіля, а також силовий розрахунок стенду.

В останньому розділі аналізувалися методи забезпечення експлуатаційної надійності вузла (системи), включаючи забезпечення надійності та принципи її покращення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета, М.: Машиностроение, 1989. 304 с.
2. Конструирование и расчет автомобиля: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и тракторы"/ П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Родионов. - Машиностроение, 1984. - 376 с.
3. 1986. Автомобиль. Основы конструкции, изд.2, Н. Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут
4. Гришкевич А.И. Автомобили: Теория. Учебник для вузов. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
5. Автомобили. Конструкция, конструирование и расчет. Подвеска. / Под ред. Гришкевича А.И. – Минск: Высшая школа, 1985.–240 с.
6. Михайловский Е.В., Тур Е.Я. Устройство автомобиля. – М.: Высш. шк., 1985. – 286с.
7. What materials are used in car suspension? - Mechanics Depot. Mechanics Depot. URL: <https://mechanicsdepot.ca/what-materials-are-used-in-car-suspension/> (дата звернення: 26.06.2024).
8. Materials used for Manufacturing Suspension Springs. Lesjöfors Heavy Springs. URL: <https://lesjoforssprings.com/insights/common-materials-used-for-springs/> (дата звернення: 26.06.2024).
9. Automotive Suspension Components Present Opportunity for Aluminum Forgings - Light Metal Age Magazine. Light Metal Age Magazine. URL: <https://www.lightmetalage.com/news/industry-news/automotive/automotive-suspension-components-present-opportunity-for-aluminum-forgings/> (дата звернення: 26.06.2024).
10. Підручник з будови автомобіля онлайн - green-way.com.ua. Green-way. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/>

rozdil27-pryznachennja-budova-i-vydy-pidvisok-avtomobilja (дата звернення: 26.06.2024).

11. Стабілізатор поперечної стійкості: конструкція, ознаки поломок – Новини Полтавщини. Новини Полтавщини – КП "Регіональний інформаційний центр "Новини Полтавщини" Полтавської обласної ради. URL: <https://np.pl.ua/2021/02/stabilizator-poperechnoi-stiykosti-konstruktsiia-oznaky-polomok/> (дата звернення: 26.06.2024).

12. Навіщо потрібна кульова опора – як виглядає і чому ламається кульова опора. Autoprostavka. URL: <https://autoprostavka.com/ua/blog/za-chto-otvechaet-sharovaya-opora-v-podveske> (дата звернення: 26.06.2024).

13. Діагностування підвіски легкового автомобіля на СТО. ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. URL: https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/Технічної_експлуатації_та_сервісу_автомобілей/Student_science/2021/TESA_Gorban_2021.pdf (дата звернення: 26.06.2024).

14 Які є види підвіски автомобіля? - MB Master. URL: <https://mb-master.com.ua/vydy-pidvisky-avto> (дата звернення: 26.06.2024).

15. Основные неисправности подвески автомобиля. Altezza Auto. URL: https://detal.zp.ua/articles/74/osnovnie_neispravnosti_podveski_avtomobilya (дата звернення: 26.06.2024).

16. Автомобиль ЗАЗ-1102 "Таврия" : Устройство, эксплуатация, ремонт.— М.: Транспорт, 1991.— 259 с.: ил., табл.

17. Технические характеристики ЗАЗ 1102 «Таврия» 1.1 МТ Хэтчбек 3 дв.: (1988 – 2009), бензин, 53 л.с. CARtaUA. URL: <https://tech.cart.ua/zaz/tavria/16449/19480/spec/145683/> (дата звернення: 26.06.2024).

18. Car Suspension Parts: Functions, Systems and Manufacturing - APW. AutoProtoWay. URL: <https://autoprotoway.com/car-suspension-parts/> (дата звернення: 26.06.2024).

19. 7 Types of Car Suspension Systems and How They Differ. Car Part. URL: <https://carpart.com.au/blog/7-types-of-car-suspension-systems-and-how-they-differ> (дата звернення: 26.06.2024).

20. Автомобильная подвеска, независимая двухрычажная, многорычажная. Пикабу. URL: https://pikabu.ru/story/avtomobilnaya_podveska_nezavisimaya_dvukhryichazhnaya_mnogoryichazhnaya_10210336 (дата звернення: 26.06.2024).

21. Залежна підвіска: що це, значення, принцип роботи. AUTO.RIA. URL: <https://auto.ria.com/uk/terms/zavisimaya-podveska/> (дата звернення: 26.06.2024).

22. A Deep Dive Into Adaptive Suspension Systems In Cars: Mastering The Magic Of Movement. AutomotiveStage.com. URL: <https://automotivestage.com/adaptive-suspension-systems-magic-of-movement/> (дата звернення: 26.06.2024).

23. Who are the leading innovators in adaptive active suspension systems for the automotive industry?. Just Auto. URL: <https://www.just-auto.com/data-insights/innovators-ai-adaptive-active-suspension-systems-automotive/?cf-view> (дата звернення: 26.06.2024).

24. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с

25. Випробування підвіски. ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/АВТОМ_ТРАНСП/Авт_та_тракт_2020/Работы_студентов/Vuprobuvannya_pidvisky.pdf (дата звернення: 26.06.2024).

26. Певзнер Я.М., Гридасов Г.Г., Конев А.Д. и др. Колебания автомобиля. — М.: Машиностроение, 1979 г. — 208 с.;

27. Основы теории надежности машин: учебное пособие / Ю.В. Баженов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Высшее образование).

28. Комплексные системы испытаний автомобилей. ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. URL:

https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/tm_rm/photo/Лекции_-_Испытания_автомобилей.pdf (дата звернення: 26.06.2024).

29. Державний університет "Житомирська політехніка".

Фактори надійності - Освітній портал. URL:

https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/235452/mod_resource/content/1/Фактори%20надійності.pdf (дата звернення: 26.06.2024).

30. Н.А. Бухарин, В.С. Прозоров, М.Н. Щукин. Автомобили. Теория рабочих процессов, теория прочности агрегатов и систем автомобиля. – Москва.: Машиностроение, 1965. – 484с.

31. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т./ Анурьев В.И. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1989г., 728 с.

32. Кіницький Я.Т. „Теорія механізмів та машин” Київ. „Наукова думка” 2002р.

33. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин.– М.: Высш. шк., 1984. – 336с.

34. Скойбеда А. Т. Детали машин и основы конструирования: учебник 2-е изд., перераб. – Мн.: Выш. шк., 2006. – 560 с.