

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

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

бакалавра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань **27 Транспорт**
Шифр і назва галузі знань

Напрямок підготовки (спеціальність): **274 «Автомобільний транспорт».**

Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: **«Модернізація амортизаторів передньої підвіски
автомобілів особливо малого класу»**

Шифр **ДРАТ 24.21144.000 ПЗ**

Виконав: *студент 3-го курсу,*
група АТс-21-2


Підпис

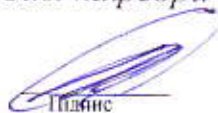
Максим ПАКУЛЬКО
Ім'я, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ.*


Підпис

Сергій ПОСОНСЬКИЙ
Ім'я, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ *д.т.н., проф.*


Підпис

Олександр ДИХА
Ім'я, прізвище

1 06 2024 р.

Хмельницький, 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інженерії, транспорту та архітектури*
Кафедра *трибології, автомобілів та матеріалознавства*
Освітній рівень *бакалавр*

Спеціальність **274 «Автомобільний транспорт».**

Спеціалізація **«Автомобільний транспорт».**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ



Диха О.В.
6 березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пакулько Максиму Михайловичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи: Модернізація амортизаторів передньої підвіски автомобілів особливо малого класу.

керівник роботи: Посонський Сергій Феліксович, доцент каф. ТАМ.

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

Затверджено наказом університету від 15.02.2024 р. № 8 (Д 29)

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 16.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Матеріали курсових проектів.*

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

1) Аналіз конструкцій та умов роботи передніх підвісок автомобілів

особливо малого класу.

2) Моделювання руху елементів підвіски macpherson на прикладі автомобіля Fiat Panda.

3) Адаптивна підвіска автомобілів.

4) Висновки, рекомендації

5. Перелік графічного матеріалу (презентація):

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 6 березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз конструкції та умов роботи передніх підвісок автомобілів особливо малого класу</i>	29.05.24	вик
2	<i>Моделювання руху елементів підвіски macpherson на прикладі автомобіля Fiat Panda</i>	6.06.24	вик
3	<i>Адаптивна підвіска автомобілів</i>	12.06.24	вик
4	<i>Висновки, рекомендації</i>	18.06.24	вик
5	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	20.06.24	вик
6	<i>Допуск до захисту</i>	21.06.24	вик
7	<i>Захист дипломної роботи</i>	25.06.24	

Студент


Підпис

М. М. Пакулько
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

С. Ф. Посонський
Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Студент групи АТс-21-2 Пакулько М.М.

Структура та обсяг пояснювальної записки. Дипломна робота на тему «Модернізація амортизаторів передньої підвіски автомобілів особливо малого класу» складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 18 найменувань, розміщених на 2 сторінках, та 1 додатку розміщеного на 18 сторінках. Роботу викладено на 83 сторінках, з них 75 сторінок основного тексту, на яких розміщено 38 рисунків і 11 таблиць.

Підвіска, будучи проміжною ланкою між кузовом автомобіля та дорогою, повинна бути легкою та поряд з високою комфортабельністю забезпечувати максимальну безпеку руху. Для цього необхідні точна кінематика коліс, легкість повороту коліс, що управляються, а також ізоляція кузова від дорожніх шумів і жорсткого кочення радіальних шин. Крім того, треба враховувати, що підвіска передає на кузов сили, що виникають у контакті колеса з дорогою, тому вона має бути міцною та довговічною.





Метою роботи є модернізація підвіски автомобіля особливо малого класу за рахунок встановлення адаптивних амортизаторів.

В роботі розглянуті такі питання, що дозволяють розширити діапазон застосування передньопривідного автомобіля особливо малого класу за рахунок модернізації амортизаторів передньої підвіски, впровадження яких дозволить отримати оптимальне співвідношення плавності ходу і стійкості як при виконанні маневрів спортивного характеру, так і при повільній їзді по не якісних дорогах.

Ключові слова: ПІДВІСКА, АМОТИЗАТОР, ДЕМПФУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ, ЖОРСТКІСТЬ, МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ ПЕРЕДНІХ ПІДВІСОК АВТОМОБІЛІВ ОСОБЛИВО МАЛОГО КЛАСУ	8
1.1 Класифікація автомобілів за класами.	8
1.2 Конструкції підвіски автомобілів класу А.	11
1.2.1 Підвіски на подвійних поперечних важелях.	11
1.2.2 Підвіска Макферсон.	13
1.3 Амортизатори передніх підвісок.	15
1.4 Амортизатори зі змінним демпфуванням.	19
1.5 Причини, методи та засоби діагностування амортизаторів автомобіля.	20
1.5.1 Основні види несправностей підвіски автомобіля.	20
1.5.2 Методи діагностування амортизаторів та підвіски.	23
1.5.3 Стенди для перевірки амортизаторів та підвіски.	25
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ MACPHERSON НА ПРИКЛАДІ АВТОМОБІЛЯ FIAT PANDA	39
2.1 Створення твердотільної моделі підвіски.	40
2.2 Умови динамічного розрахунку.	43
2.3 Результати динамічного розрахунку.	45
РОЗДІЛ 3. АДАПТИВНА ПІДВІСКА АВТОМОБІЛІВ	54
3.1 Аналіз адаптивних підвісок автомобілів.	54
3.2 Системи керування адаптивних підвісок.	57
3.3 Підвіска «Agility Control».	59
3.4 Підвіска «PASM».	61

ДРАТ 24.21144.000 ПЗ									
Зм	Арк	№ Докум.	Підпис	Дата	Модернізація амортизаторів передньої підвіски автомобілів особливо малого класу	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Пакулько						4	83
Перевір.		Посонський							
Н.контр.		Бабак						ХНУ АТс-21-2	
Затвер.		Диха							

3.5 Підвіски з амортизаторами, що мають пневматичне та електронне регулювання демпфуючих властивостей.	64
3.6 Гідравлічна система «Active Body Control».	64
3.7 Адаптивна пневматична підвіска «Airmatic Dual Control».	69
3.8 Адаптивна підвіска з додатковим клапаном.	73
3.9 Приклади адаптивних підвісок у конструкціях сучасних автомобілів.	77
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТОК А	83

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

В умовах постійного розширення автомобільного парку України та невисоких доходів середнього українця широкого розповсюдження серед населення набули компактні, малолітражні автомобілі малого класу. Зменшені габарити збільшують маневреність автомобіля, особливо під час активного трафіку руху, та дозволяють легко знайти місце для паркування. До додаткової переваги таких автомобілів можна віднести невелику витрату палива. Різноманітні автомобільні концерни підтримують такий інтерес водіїв, тому в асортименті відомих автомобільних брендів є багато представників моделей особливо малого та малого класу. Особливістю таких автомобілів є те, що вони спроектовані для пересування по якісним дорожнім покриттям, що є певною проблемою на території України. Таким чином, в більшості випадків, першою виодить з ладу підвіска автомобілів.

Підвіска, будучи проміжною ланкою між кузовом автомобіля та дорогою, повинна бути легкою та поряд з високою комфортабельністю забезпечувати максимальну безпеку руху [1, 2]. Для цього необхідні точна кінематика коліс, легкість повороту коліс, що управляються, а також ізоляція кузова від дорожніх шумів і жорсткого кочення радіальних шин. Крім того, треба враховувати, що підвіска передає на кузов сили, що виникають у контактні колеса з дорогою, тому вона має бути міцною та довговічною.

Незалежна підвіска передніх коліс повинна [1]:

- При зміні навантаження не викликати значної зміни колії, що є джерелом зношування шин;
- При зміні навантаження не створювати значної та різкої зміни кута поздовжнього нахилу осі поворотного шворня, що впливає на плавність руху та стабілізацію коліс;
- При зміні навантаження не викликати створювати значної і різкої зміни кута поперечного нахилу осі поворотного шворня, що впливає на

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

стабілізацію коліс і положення площини обертання колеса, викликати гіроскопічний момент на поворотному кулаку і, як наслідок - різка зміна моменту на рульовому колесі і можливість виникнення автоколивань коліс;

- При зміні навантаження не створювати значних поздовжніх прискорень коліс, що є причиною виникнення поздовжніх поштовхів під час руху автомобіля нерівною дорогою і викликають появу інерційного моменту на поворотному кулаку і, як наслідок, різка зміна моменту на рульовому колесі;

- При кренах забезпечувати нахил коліс у напрямку нахилу підресореної частини, щоб збільшити кут відведення коліс та посилювати ефект недостатньої повертаності;

Незалежні підвіски застосовують для легкових автомобілів та вантажних автомобілів високої прохідності.

Вибір типу пружного елемента визначається конструктивною схемою, вимогами компактності та зниження маси. Неметалічні пружні елементи забезпечують хорошу плавність ходу, але мають більшу вартість, ніж металеві.

Метою роботи є модернізація підвіски автомобіля особливо малого класу за рахунок встановлення адаптивних амортизаторів.

Завдання роботи:

1. Аналіз конструкцій і умов роботи підвіски автомобілів особливо малого класу.

2. Визначення залежності між пружними та динамічними параметрами підвіски MacPherson передньопривідних автомобілів з урахуванням умов експлуатації.

3. Можливість застосування адаптивної підвіски для автомобілів особливо малого класу.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВ РОБОТИ ПЕРЕДНІХ ПІДВІСОК АВТОМОБІЛІВ ОСОБЛИВО МАЛОГО КЛАСУ

1.1 Класифікація автомобілів за класами.

Всі сучасні автомобілі мають певні відмінності один від одного. Серед їх ключових параметрів можна відзначити: вартість; оснащення (функціонал); розмір (довжина); призначення.

Офіційна стандартизована класифікація складна та використовується виключно в нормативній документації. Однією з найпростіших розуміння є система неофіційної європейської класифікації легкових автомобілів (табл.1.1; рис. 1.1) на класи авто - А, В, С, D, Е та F. Крім того, також існують додаткові класи машин – S, M та J. За ідеєю, такий поділ на сегменти має полегшити покупцям вибір відповідного їм автомобіля.

Приналежність автомобіля до того чи іншого класу визначає безпосередньо сам автовиробник, при чому, кожен дотримується своїх правил. З цієї причини деякі автомобілі можуть бути проміжною ланкою між класами. В цьому випадку багато залежить від габаритів автомобіля, колісної бази, кількості дверей, типу кузова, ціни і навіть логотипу на капоті. Насправді не коректно суворо поділяти автомобілі на класи, адже одна і та сама колісна база і довжина може використовуватися в машинах різного класу.

Класи автомобілів відрізняються різні, насамперед, за основним критерієм – розміром. Починаючи від класу А і закінчуючи класом F, автомобілі поступово стають довшими і більшими. Чим далша від початку алфавіту літера, тим вище прийнято вважати клас автомобіля [1].

Клас А, особливо малий клас. Найменші транспортні засоби - це "малолітражки" або "сіті-кари". Компактний клас А включає міські автомобілі, які добре працюють за умов щільного трафіку. Довжина їхнього

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

кузова зазвичай не перевищує 3,5 м. До цього класу автомобілів належать, у тому числі: Фіат Панда; Пежо 107; Кіа Піканто; Hyundai i10; Сітроен С1; ЗАЗ-1102 та інші подібні.



Рисунок 1.1 – Класифікація автомобілів по класам.

Невеликі міські сімейні автомобілі відносять до класу В. Прийнято вважати, що їхня довжина не перевищує 3,7 м. Однак є і винятки: наприклад, Peugeot 107, Renault Clio III, Fiat Grande Punto також відносять до В класу, але їх довжина становить вже 4 метри. Ці автомобілі класифікують як клас «В+».

До класу С відносять автомобілі побудовані на базі міських автомобілів, таких як седан Skoda Fabia, Seat Cordoba чи Renault Thalia. Їхня довжина перевищує 4 метри, вони мають великий багажник об'ємом понад 500 літрів, але це клас компактних автомобілів. Він включає такі авто, як: Опель Астра; Тойота Королла; Фольксваген Гольф.

Слід зауважити, що виробники престижних автомобілів не хочуть ототожнюватись із цим класом. Таким чином такі марки автомобілів як «Alfa Romeo 147» або «Audi A3» відносяться до наступного класу D, який відкриває серію преміальних автомобілів.

D – клас – це автомобілі завдовжки приблизно 4,5 метри. Базовим типом кузова вважається седан, крім Renault. Ще вище E - клас від Audi A6, Mercedes-Benz E-класу або BMW 5. Топовий F - клас вже знаходиться у

									Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ				

J	Sports Utility	Кросовери підвищеної прохідності (позашляховик, SUV)	-	-	Jeep Liberty, Toyota RAV4, Honda CR-V, BMW X6, Volkswagen Touareg, Range Rover, Cadillac Escalade, Toyota Land Cruiser, SsangYong Rexton, Chevrolet Suburban
---	----------------	--	---	---	--

До всіх перерахованих вище класів авто, в основному, належать компактні хетчбеки та класичні седани. Але існують інші різновиди транспорту – пікапи, мінівени, позашляховики, спорткари, тощо. Аналогічно з легковими автомобілями класів А-Е їх теж ділять на певні класи, а саме: клас S – спортивні автомобілі; клас М - фургони та мінівени; клас J - джипи та позашляховики.

1.2 Конструкції підвіски автомобілів класу А.

Для вибору конструкції підвіски порівняємо найбільш поширені конструкції підвісок, які застосовуються в передньопривідних автомобілях особливо малого класу:

1.2.1 Підвіски на подвійних поперечних важелях.

У цій конструкції з кожного боку є два поперечні важелі (рис. 1.2), що мають поворотні опори на рамі, поперечині або кузові. Зовнішні кінці важелів – у разі передньої підвіски – з'єднуються за допомогою шарових шарнірів з поворотною цапфою або кулаком. Чим більше можливо відстань

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

між поперечними важелями, тим менше сили в важелях та їх опорах, тобто. тим менше піддатливість всіх деталей і точніше кінематика підвіски. Цьому сприяє еластичне сприйняття жорсткого кочення радіальних шин верхніми важелями (що можливо лише за цієї конструкції незалежної підвіски). Хоча поздовжні сили, що викликаються опором коченню, на верхньому важелі лише трохи менше, проте нижній важіль та його опори виконуються з розрахунком на явно більші навантаження. Останні виникають під дією бічних сил чи при гальмуванні.

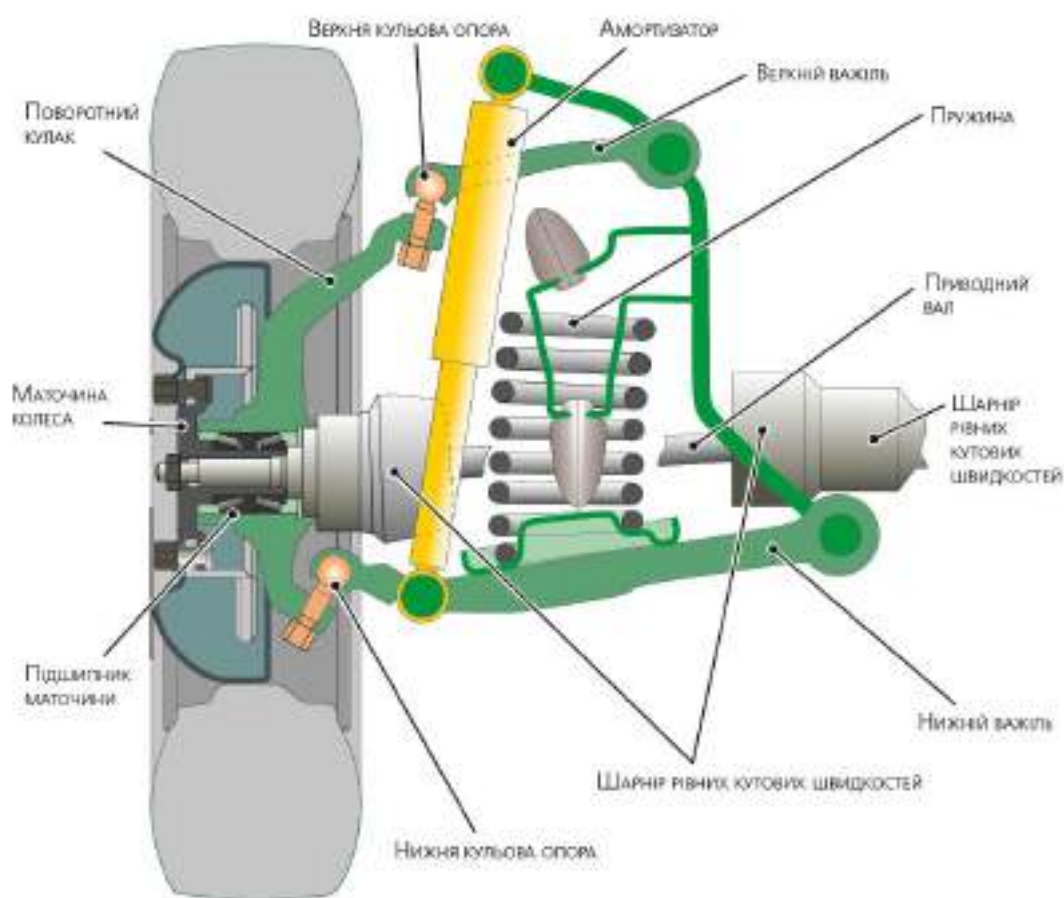


Рисунок 1.2 – Схема підвіски на подвійних поперечних важелях

Головна перевага підвіски на подвійних поперечних важелях - її кінематичні якості: взаємним положенням важелів можна визначити висоту як центру поперечного крену, так і подовжнього центру крену. З іншого боку, з допомогою різної довжини можна проводити кутові переміщення

									ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						12

коліс при ходах відбою і стискування, тобто. на зміну розвалу та (у певних межах), незалежно від цього, на зміну колії. При більш коротких верхніх важелях колеса під час стиснення нахиляються убік негативного розвалу, а під час відбою – убік позитивного. За рахунок цього можна протидіяти зміні розвалу, зумовленому бічним креном кузова.

Якщо центр поздовжнього крену може бути розміщений вище за осі коліс, це не тільки підвищить ефективність протидії крену при гальмуванні, але і зменшить «присідання» при розгоні у разі провідних коліс.

Недоліки такої конструкції є те, що при гальмуванні на нижній важіль діє велика горизонтальна сила, різна довжина важелів створює зміну розвалу колеса та зміну колій.

1.2.2 Підвіска Макферсон.

Підвіска на направляючих пружинних стійках, або підвіска Макферсон. Напрямна пружинна стійка є подальшим розвитком підвіски на подвійних поперечних важелях. Верхній важіль тут замінений точкою кріплення на бризковику крила кузова, де спирається шток стійки та пружина підвіски. У цій точці сприймаються сили на всіх напрямках, які, зі свого боку, викликають навантаження штока на вигин.

Основна перевага пружинної стійки полягає в тому, що всі деталі, що виконують пружну роботу і напрямні функції, можуть бути об'єднані в одну монтажну одиницю (рис. 1.3) [1, 3]. Маються на увазі такі деталі: чашка для опори нижнього торця пружини, додатковий пружний елемент або буфер стиснення, буфер відбою, власне демпфуюча частина та опора підшипника колеса.

Інші переваги, пов'язані з підвісками на напрямних стійках: менші зусилля у точках кріплення до кузова за рахунок великої відстані між ними; невелика відстань між точкою кріплення амортизатора до нижнього важеля

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

та точкою контакту колеса з дорогою; великі ходи підвіски; скасування трьох опорних точок; найкраща можливість створення передньої зони деформації.

Наступні неминучі недоліки, що протистоять їм, завдяки проведеним конструктивним заходам у передніх підвісках вже явно не виявляються:

несприятливі кінематичні властивості; сприйняття зусиль і коливань бризковиками, тобто, передньою частиною кузова; утруднена ізоляція від дорожніх шумів; менша можливість достатньої протидії поздовжнього крену при гальмуванні; тертя між штоком та його напрямною, що погіршує пружну дію; несприятливо довгі кермові тяги при верхньому розташуванні рейкового кермового механізму; велика чутливість передньої підвіски до дисбалансу та биття шин; іноді малий зазор між шиною та демпфуючою частиною.



Рисунок 1.3 – Підвіска на напрямних пружинних стійках

Останнє, однак, має значення тільки при передньому приводі, оскільки унеможлиблює встановлення ланцюгів протиковзання. При ведених колесах зазначений недостатній зазор не дозволив лише установку ширших шин. У

										Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

разі необхідності таких шин слід застосовувати колеса з меншим вильотом, які, проте, несприятливим чином збільшують плече обкатки.

Останнім часом напрямні пружинні та амортизаторні стійки отримали широке застосування у передніх підвісках, проте їх часто використовують і для підвіски задніх коліс передньопривідних автомобілів. Піднята з аеродинамічних міркувань задня частина кузова дозволяє використовувати велику напрямну базу між напрямною штока та поршнем.

1.3 Амортизатори передніх підвісок.

Одним з важливих елементів підвіски є амортизатори, що окрім демпфуючих функцій, виконують і напрямні функції, з цим пов'язані їх великі розміри і збільшена товщина штока, оскільки від жорсткості амортизаторів залежить багато параметрів підвіски. Звідси впливає один неприємний момент - зростання безпружинної маси. Адже разом зі штоком збільшується і корпус амортизатора, так як він теж повинен бути жорстким, також збільшується і обсяг масла в амортизаторі, все це додає йому ваги.

Головне завдання амортизатора – утримувати колесо в постійному контакті з дорогою при прискоренні автомобіля, його гальмуванні та зміні напрямку руху [4]. Без амортизаторів автомобіль буде «клювала носом» при гальмуванні, задні колеса будуть відриватися від землі, а на повороті зростає можливість перекодування автомобіля. Крім того, амортизатори гасять поштовхи від дороги через елементи підвіски. Наприклад, на пружинах без амортизаторів автомобіль підстрибував би, як м'ячик, на кожній ямі і після цього ще довго розгойдувався. Амортизатор демпфує такі коливання, нівелює вібрації від кузова та забезпечує нормальну керованість [5].

Таким чином, амортизатори забезпечують безпеку руху, керованість, захищають елементи ходової системи та рульового керування від зайвих навантажень та створюють комфорт для водія та пасажирів.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Амортизатори справляються зі своїми завданнями завдяки конструкції та принципу роботи. Елементарна конструкція амортизатора передбачає: (рис. 1.4) корпус; колбу (циліндр), що наповнена мастилом; шток із поршнем.



Рисунок 1.4 – Елементарна конструкція амортизатора.

Звичайно, амортизатори сучасних автомобілів влаштовані дещо складніше, але щоб розуміти принцип роботи, достатньо схеми.

У сучасних авто застосовуються однотрубні або двотрубні амортизатори двосторонньої дії, тобто, стиснення та відбій.

Види та принцип роботи сучасних амортизаторів. Більшість автовиробників застосовують демпфуючі пристрої двох видів: масляні та газомасляні.

Масляний амортизатор (рисунок 1.5) складається з двох співвісних циліндрів (двохтрубний). Внутрішній циліндр (робоча камера) заповнений маслом. У ньому розташований рухливий шток, а на штоу розташований поршень із зворотними клапанами різного діаметра. Робоча камера з'єднується із зовнішнім циліндром через клапан стиснення.

Коли колесо наїжджає на перешкоду, шток амортизатора рухається вниз, поршень вичавлює через клапани масло з нижньої камери у верхню. Коли колесо потрапляє до ями, масло опускається вниз. Через клапан

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ				

стиснення масло потрапляє у компенсаційну камеру між робочою камерою та зовнішньою камерою, наповнену повітрям.

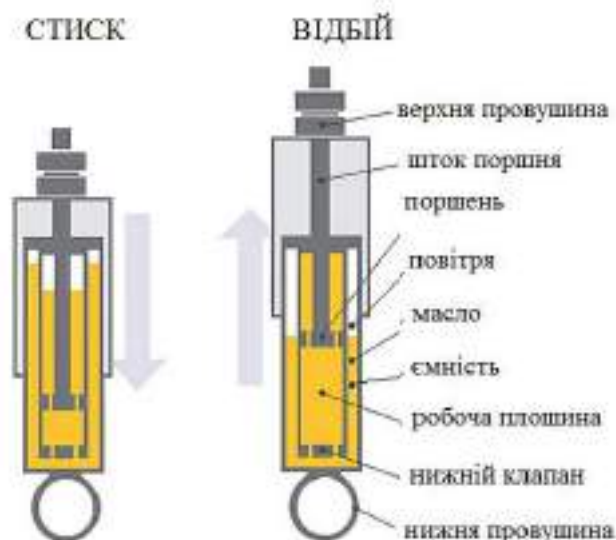


Рисунок 1.5 – Масляний амортизатор.

Двотрубний масляний амортизатор. Компенсаційна порожнина – основний недолік масляних амортизаторів. У ній масло нагрівається і закипає, і амортизатор втрачає свої властивості.

Масляні амортизатори вважаються м'якими і комфортними [5]. Вони ідеальні для "марафонів" - спокійної подорожі на далекі відстані, але для активної міської їзди з постійними прискореннями-гальмуваннями вони не підходять, внаслідок схильності до швидкого та частішого закипання. Ще з плюсів: надійні та недорогі.

При застосуванні однотрубного амортизатора в положенні «догори ногами» можна зробити шток тонким, а все навантаження покласти на корпус амортизатора, який вже не бере участі в безпружинній масі. Так можливо покращимо характеристики підвіски, але ускладнюється обслуговування, оскільки доведеться періодично змащувати вузол тертя корпус амортизатора – корпус стійки, ресурс у такого компонування значно зменшиться, тому таке компонування використовують тільки біля спортивних автомобілів. Як яскравий приклад такого рішення –

										Арк.
										17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

амортизатори Bilstein B6. Додатковим бонусом буде сильне збільшення жорсткості стійки, оскільки тепер її основу складає жорстка труба великого діаметру, а не шток амортизатора, крім того, велика площа опори у вузлі тертя нівелює зниження здатності до демпфування під навантаженням.

Газомаляний амортизатор (рис. 1.6) може бути однострубним (з одного циліндра, розділеного на дві камери - у верхній масло, в нижній азот під високим тиском) або двотрубним - азот під невеликим тиском заповнює компенсаційну порожнину [6, 7].

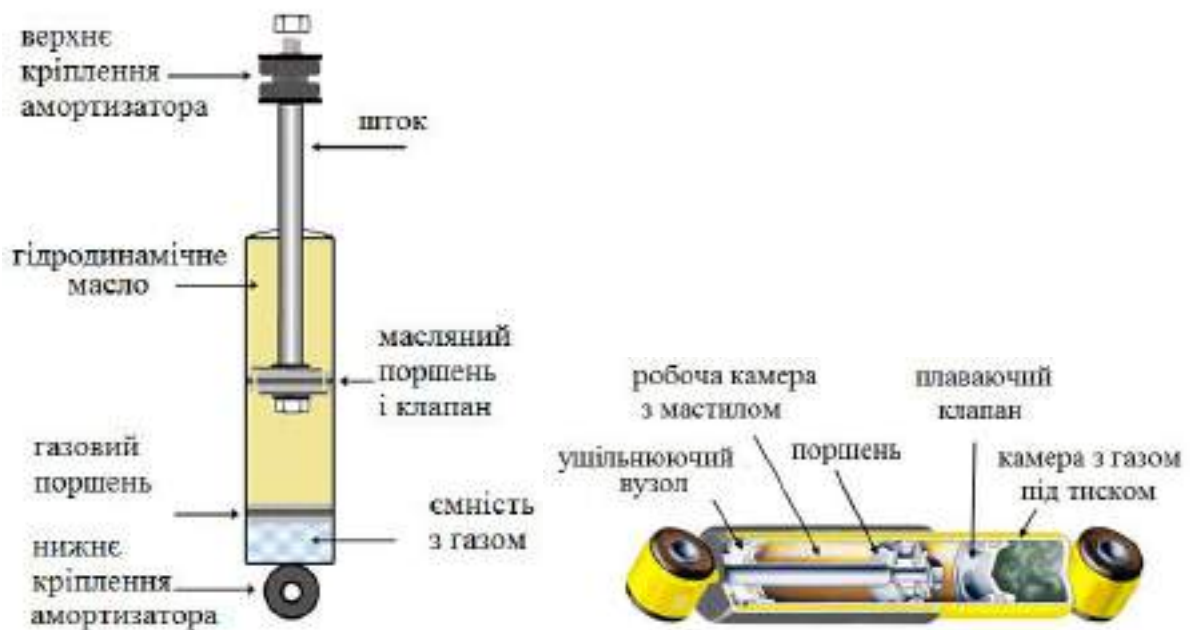


Рисунок 1.6 – Газомаляний амортизатор.

У двотрубних азот у компенсаційній порожнині не дає маслу пінитися. Такі амортизатори ідеально підходять для швидкої їзди по поганому дорожньому покриттю.

Газомаляні амортизатори (або просто газові) вважаються покращеною версією масляних. Газ не дозволяє маслу спінюватись під час інтенсивної їзди. Вважаються золотою серединою: підходять і для швидкого міського трафіку, і для подорожей трасою, краще тримають автомобіль на вибоїнах або ґрунтовій дорозі. Дорожче за масляні в середньому на 15-20 %.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Сперечатись, які амортизатори краще, можна нескінченно. Автовиробники вибирають для своїх авто оптимальні пристрої за технічними та експлуатаційними характеристиками, ціною, ремонтпридатністю тощо.

1.4 Амортизатори зі змінним демпфуванням.

Вже в 50-ті роки деякі автомобілі підвищеної комфортності були обладнані такими системами як Armstrong Selectaride, які давали можливість водієві вручну вибрати зумовлені установки амортизатора, від м'якого до жорсткого. Сучасні системи працюють автоматично (хоча часто з можливістю зміни регулювань водієм), використовуючи керування через комп'ютер, щоб вибрати найбільш відповідне налаштування для будь-якої швидкості, поверхні дороги та умов руху. Більшість систем, що використовувалися на автомобілях вищого класу до 2001 року, працюють за допомогою одного або двох електромагнітних перепускних клапанів, які відкриваються або закриваються для забезпечення двох або трьох характеристик, що демпфують. У трирівневій системі найжорсткіша характеристика виходить при двох закритих клапанах і часто називається "спорт", коли один клапан відкривається, система переходить у "нормальний" режим. Відкриття обох клапанів забезпечує м'який режим «комфорт».

Mercedes розробив більш досконалу систему ADS (Adaptive Damping System – адаптивну демпфуючу систему) [8], яка використовує перепускні клапани різних розмірів, забезпечуючи чотири різні установки демпфування. Mercedes стверджує, що система встановлюється на м'який режим більше половини часу, навіть якщо автомобіль їде з максимальною швидкістю.

Зовсім інший підхід був запропонований постачальником систем Delphi у його концепції Magneride. У ній використовується той факт, що деякі в'язкі рідини можна зробити чутливими до електромагнітних полів,

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

коли в'язкість рідини збільшується з посиленням поля, молекули «вишиковуються в ряд» і створюють більший опір.

Компанія Delphi продемонструвала автомобілі, обладнані амортизаторами, у яких звичайні отвори замінювалися вузькими проходами, у яких рідина проходила між електромагнітними котушками. Система Magneride має величезну перевагу, що полягає в тому, що в'язкість рідини, а отже, і ступінь демпфування, що повністю змінюються, залежно від зміни потужності електромагнітного поля, яка контролюється комп'ютером

Сучасні конструкції адаптивних амортизаторів відрізняються також за способом керування амортизаторами.

Найбільш прості системи передбачають ручний вибір демпфування водієм. Наступне покоління систем керування амортизатором має як ручне, і автоматичне перемикання залежно від швидкості руху чи показань датчиків прискорення, закріплених на кузові автомобіля (зазвичай крилах). І, нарешті, блоки управління в останніх розробок використовують як вступні дані електронний блок управління електронної системи стабілізації, що робить процес управління амортизатором залежним від безлічі факторів.

1.5 Причини, методи та засоби діагностування амортизаторів автомобіля.

1.5.1 Основні види несправностей підвіски автомобіля.

У процесі експлуатації через тертя, деформацію, появу тріщин, ослаблення болтових і заклепувальних з'єднань, втрати пружності полумок виникають різні несправності та відбуваються відмови ходової частини, що погіршують технічний стан автомобіля [4 – 6].

У передній підвісці легкового автомобіля можливі вигини балки, верхнього та нижнього важелів, знос верхнього та нижнього кульових пальців, сухарів, вкладишів, гумових втулок. Все це призводить до зміни

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кутів установки керованих коліс, що викликає погіршення керованості автомобілем, перевитрати палива, зносу шин. Несправності елементів підвіски впливають на плавність ходу, стійкість автомобіля під час його руху. Нижче наведено основні несправності ходової частини та їх причини.

Відхилення автомобіля від напрямку прямолінійного руху. Основні причини: різні кути поздовжнього та поперечного нахилу осей повороту лівого та правого коліс; різний розвал лівого та правого коліс; неоднаковий тиск повітря в шинах лівого та правого коліс; перетягнутий один із підшипників передніх коліс, що призводить до підвищення опору; деформація нижнього та верхнього важелів передньої підвіски; порушення паралельності осей переднього та заднього мостів; пригальмовування одного з коліс автомобіля на ходу через відсутність зазору між гальмівним барабаном та фрикційною накладкою; неоднакова пружність пружин підвіски; підвищений дисбаланс передніх коліс

Часткове відхилення автомобіля від напрямку прямолінійного руху (виляння) в діапазоні швидкостей 50...90 км/год. Основні причини: збільшені зазори між кульовими пальцями та вкладишами, пальцями та підшипниками; великі зазори у втулках сайлент-блоків, шарнірах кермових тяг, підшипниках передніх коліс; знос втулок маятникового важеля; ослаблення кріплення у рульовому управлінні.

Розгойдування передньої частини автомобіля під час руху нерівною дорогою. Основна причина: незадовільна робота передніх амортизаторів.

Автомобіль «кидає» з боку в бік по дорозі, що має поздовжні хвилясті опуклості і западини. Основні причини: знос втулок або слабка затяжка гайок осі маятникового важеля; великі люфти в шарнірних з'єднаннях кермової трапеції та підшипниках передніх коліс.

Стук в передній підвісці. Основні причини: відсутність мастила у шарнірних з'єднаннях; велике зношування елементів шарнірних з'єднань; ослаблення болтів кріплення; знос гумових втулок вусиків амортизатора;

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ослаблення затягування гайки резервуару амортизатора; підвищений зазор у підшипниках ступиць коліс; підвищений дисбаланс коліс; деформація обода чи колеса; осадка чи поломка пружини; руйнування буферів ходу стискування; несправність стійок підвіски; ослаблення болтів кріплення кронштейнів розтяжок або болтів, що кріплять штангу стабілізатора поперечної стійкості до кузова; знос гумових подушок розтяжок чи штанги; ослаблення кріплення верхньої опори стійки підвіски до кузова; осаду, розриви, відшарування гуми від корпусу опори стійки.

Слабкий стукіт, що передається на рульове колесо. Основні причини: великий дисбаланс передніх коліс (колеса); деформація дисків передніх коліс

Стук задній підвісці. Основні причини: знос втулок амортизаторів; ослаблення місць кріплення; навантаження задньої осі.

Підвищене зношування внутрішньої частини протектора шини. Основна причина: надлишковий тиск повітря у шині.

Підвищений зношування крайніх частин протектора шини. Основна причина: недостатній тиск повітря у шині.

Нерівномірний (плями) плюс протектора. Основні причини: великий залишковий дисбаланс коліс; великі зазори в шарнірних з'єднаннях рульового приводу та передньої підвіски; несправність амортизаторів.

Пилоподібне зношування протектора шини в поперечному напрямку. Основна причина: неправильне сходження коліс.

Одностороннє зношування протектора шини. Основна причина: відхилення кута розвалу коліс від номінального значення.

Не піддаються регулюванню куту установки коліс. Основні причини: - деформація осі нижнього важеля; деформація поперечки підвіски у зоні передніх болтів кріплення осей нижніх важелів; знос гумометалевих шарнірів; деформація поворотного кулака, важелів підвіски чи елементів передньої частини кузова.

Биття коліс. Основна причина: порушення балансування коліс.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Амортизатори та підвіска. Амортизатори поряд з іншими системами та агрегатами істотно впливають на безпеку руху. Відомо, що порушення вимоги забезпечення надійного контакту колеса з опорною поверхнею, особливо при високих швидкостях руху автомобіля, призводить до зниження гранично допустимої швидкості руху за умов безпеки при повороті на 10...15 % і збільшення гальмівного шляху на 5...10 %.

Несправні амортизатори призводять до нестабільного та нерівномірного освітлення дороги, а також засліплення зустрічних водіїв автомобілів. Передньопривідний автомобіль з амортизаторами, зношеними на 50 % при русі з постійною швидкістю на дорозі, вкритій шаром води 6 мм, може почати аквапланування при швидкості на 10 % нижче, ніж швидкість такого ж автомобіля, але зі справними амортизаторами.

В даний час амортизатори по впливу на безпеку руху ставлять в один ряд з такими елементами та системами активної безпеки автомобіля, як шини, гальмівні системи та кермо. Причому, при технічному обслуговуванні автомобіля належної уваги технічному стану амортизаторів, як правило, не приділяється.

Зношування та старіння деталей амортизаторів відбувається повільно, внаслідок чого поступово знижується і ефективність. Водій не відчуває різких змін у поведінці автомобіля, звикаючи до поступового погіршення його характеристик. У зв'язку з цим у процесі експлуатації автомобіля дуже актуальним є періодичне діагностування амортизаторів та оцінка ефективності їхньої роботи.

1.5.2 Методи діагностування амортизаторів та підвіски.

Існує 4 основні методи діагностики амортизаторів, які можуть бути використані для оцінки їхнього стану [9]:

- 1) Метод візуального огляду амортизатора;

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- 2) Розгойдування автомобіля або «ручний» метод;
- 3) Аналіз поведінки ходового автомобіля під час їзди;
- 4) Діагностика амортизаторів на стенді

Метод візуального огляду амортизатора.

Візуальний огляд амортизаторів це перше з чого потрібно почати. До непрямих ознак, які вказують на неконтактну працездатність амортизатора, можна віднести підтікання олії, пошкодження, корозії або інші видимі неозброєним оком проблеми.

Однак варто вказати, що навіть якщо при візуальному огляді жодна з вище перелічених ознак не присутня, але амортизатори працюють некоректно, то можливо причина викликана зносом внутрішніх деталей та їх складових частин.

Розгойдування автомобіля. Метод діагностики амортизаторів шляхом розгойдування автомобіля донизу. Цей метод є відносно простим і доступним, однак він може бути обмеженим у своїй точності та об'єктивності. Процедура діагностики амортизаторів з використанням методу розгойдування автомобіля може бути наступною:

Автомобіль виганяється на рівне дорожнє покриття, далі необхідно із зусиллям починаємо розгойдувати задню (передню) машину вниз-вверх. Після припинення розгойдування кузов повинен плавно повертатися у вихідне положення без різких коливань.

Аналіз поведінки ходового автомобіля під час їзди. Як правило, некоректна робота амортизатора найчастіше дається взнаки під час їзди на автомобілі. До непрямих ознак неправильної роботи амортизатора відносяться:

- автомобіль не тримає дорогу;
- погана керованість автомобілем на високих швидкостях та на поворотах;
- характерний стукіт у підвісці;

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розгойдування кузова;
- збільшена частота коливань амортизатора

Ці ознаки можуть також вказувати на інші проблеми в підвісці або системі керування автомобілем. Для отримання більш точного діагнозу та рекомендацій щодо ремонту рекомендується звернутися на СТО, де проведуть діагностику на стенді.

Діагностика амортизаторів на стендах.

Тут варто відзначити, що є два варіанти діагностики на стенді: діагностика амортизатора у знятому з автомобіля вигляді та діагностика на вібростенді.

Метод діагностики амортизаторів на вібростенді може бути ефективний лише у тому випадку, якщо підвіска автомобіля знаходиться у справному та ідеальному стані – усі саленблоки, важелі, пружини та тиск у шинах в нормальному стані. В іншому випадку така діагностика не відображає реальної картини, що в результаті може призвести до помилкового ремонту.

1.5.3 Стенди для перевірки амортизаторів та підвіски.

Більшість вібростендів працює за наступним принципом: автомобіль заганяється на спеціальну платформу і починається його розгойдування, в цей час, спеціальні датчики фіксують кути відхилення, далі йде порівняння зі стандартами конкретної моделі автомобіля. Далі на комп'ютер виводиться інформація про загальний стан підвіски. У ці комп'ютери завантажено базу даних про автомобілі різних виробників. Однак ці дані стосуються фабричних налаштувань підвіски автомобілів, тому в ідеальному випадку, діагностика на вібростенді повинна видавати порівняльні параметри стану автомобіля щодо фабричних налаштувань. Крім того, часто оператор не може знайти потрібної моделі автомобіля в базі даних. Таке відбувається через те,

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

що ці бази не часто оновлюються, а її ціна може бути вищою, ніж сам вібростенд. Тому, коли оператори не знаходять необхідну модель в базі, діагностика амортизаторів на вібростенді відбувається за принципом: «Заїхав Volkswagen CC, але немає його в базі, прийmemo як Volkswagen Passat», що призводить до некоректної діагностики.

Для оцінки стану підвіски (в першу чергу, амортизаторів) автомобіля в процесі експлуатації застосовуються стенди, що імітують рух автомобіля по нерівностях. Їхня дія заснована на моделюванні резонансу в підвісці автомобіля, який виникає в результаті впливу зовнішньої сили від нерівностей опорної поверхні. При цьому частота підвіски виявляється близькою до частоти вільних коливань безпружинної маси. При резонансі амплітуди та прискорення вимушених коливань мас різко зростають, їхній рівень залежить від якості (технічного стану) амортизаторів. Стенд для перевірки амортизаторів є двома майданчиками, на яких встановлюється автомобіль послідовно передніми і задніми колесами. Кожен з майданчиків 2 (рис.1.7) має вбудовані датчики для вимірювання як статичного, так і динамічного навантаження на колеса автомобіля. Коливання майданчиків виконуються за допомогою ексцентрика 6 електродвигуна 3 і важеля 5.

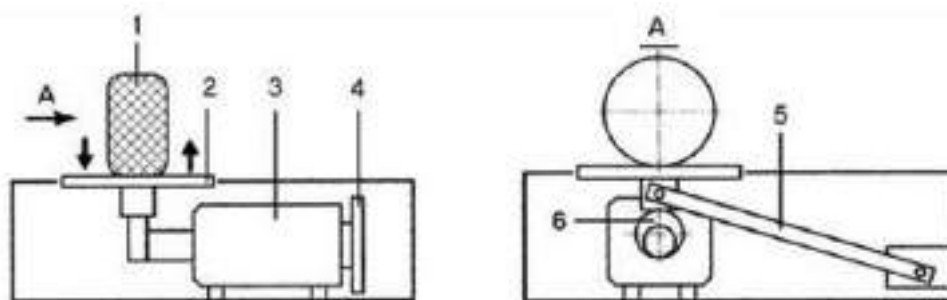


Рисунок 1.7 – Схема стенду для перевірки амортизаторів:

1 – колесо автомобіля; 2 – майданчик; 3 – електродвигун; 4 – маховик; 5 – важіль; 6 – ексцентрик.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

При підключенні стенду платформи починають здійснювати вертикальні коливання з різними для стендів, що випускаються, амплітудою (6, 7, 5 або 9 мм) і частотою збудження, що змінюється від максимальної (16 або 23 Гц), яка вище, ніж резонансна частота коливань безпружинної маси, до нульової (При відключенні стенду). За рахунок пружин малої жорсткості у приводі стенду забезпечується постійний контакт коліс автомобіля із платформами.

При досягненні максимальної частоти джерело живлення електродвигунів відключається, і система починає здійснювати вільні загасаючі коливання. При наближенні частоти власних коливань безпружинної маси до області високочастотного резонансу відбувається збільшення амплітуди коливань, чим воно значніше, тим гірше працює амортизатор.

Колівальний процес при роботі стенда автоматично обробляється і заноситься в пам'ять комп'ютера, а після вимірювання окремо для підвіски кожного колеса автомобіля роздруковуються результати перевірки.

Оцінка стану підвіски автомобіля проводиться за методом EUSAMA [10] (Європейська комісія зі стандартизації вібраційних методів випробувань у машинобудуванні) в зоні високочастотного резонансу за допомогою вимірювання сили впливу колеса, що змінюється при коливаннях платформи на вимірювальний майданчик.

На практиці діагностування амортизаторів та підвіски застосовуються метод вимірювання зчеплення коліс із дорогою та метод вимірювання амплітуди.

Метод діагностування зі зчеплення коліс із дорогою представлений на рис. 1.8.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.8 – Метод діагностування амортизаторів зі зчеплення коліс із дорогою.

База коливань при цьому методі в нижній частині жорстка і пружна тільки у верхній частині. Технологія перевірки амортизаторів та підвіски при методі зчеплення коліс із дорогою полягає в наступному. Спочатку колесо автомобіля, що перевіряється, встановлюється точно по середині майданчика амортизаторного стенду. У стані спокою вимірюється статична вага колеса. За допомогою електродвигуна здійснюється періодичне збудження коливань частотою 25 Гц, при цьому вимірювальна плата переміщається як жорстка ланка. Динамічна вага колеса, що вийшла в результаті (вага на платі при частоті коливань 25 Гц) порівнюється зі статичною вагою, шляхом поділу першого на друге.

Приклад розрахунку: нехай статична вага при 0 Гц = 500 кг, динамічна вага при 25 Гц = 250 кг.

Тоді значення добротності амортизатора та підвіски (у відсотках) за методом зчеплення коліс із дорогою становитиме: $(250/500)100 = 50 \%$.

Стан амортизаторів характеризується такими співвідношеннями:

- хороше: не менше 70 % (для спортивної підвіски не менше 90%);
- задовільне: від 40 % до 70 % (для спортивної підвіски від 70 % до 90%);
- дефектне: менше 40 % (для спортивної підвіски від 40% до 70%).

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Результати оцінки стану амортизаторів у відсотках не повинні відрізнятись більш ніж на 25% один від одного.

Обробка результатів у відсотках базується на емпіричних значеннях, отриманих за допомогою серійних досліджень автомобілів різних виробників. При цьому передбачається, що середній автомобіль жорсткість амортизаторів, як правило, збільшує зі збільшенням навантаження на вісь.

Недоліком методу є те, що дані вимірювань залежать від тиску повітря в шині автомобіля, що діагностується, при діагностуванні обов'язково розташування колеса точно посередині майданчика амортизаторного стенду. Крім цього, додаток постійних зовнішніх сил, бічних сил впливає на бічне переміщення автомобіля, що позначається на результатах тестування.

Принцип діагностування за методом вимірювання амплітуди, більш прогресивний і представлений на рисунку 1.9. Майданчик стенду, підвішений на гнучкому торсіоні, база коливань при цьому методі пружна як у верхній, так і нижній частині, що дозволяє вимірювати не тільки вагу, але і амплітуду коливань на робочих частотах.

Технологія перевірки амортизаторів та підвіски при методі вимірювання амплітуди полягає в наступному. На колесо автомобіля, встановлене на майданчик стенду, збуджується коливання вимірювальної плати з частотою 16 Гц і амплітудою 7,5..9 мм. Після включення електродвигуна стенда колесо автомобіля коливається відносно мас автомобіля, що покояться, частота коливань збільшується до досягнення резонансної частоти (зазвичай 6 ...8 Гц).

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

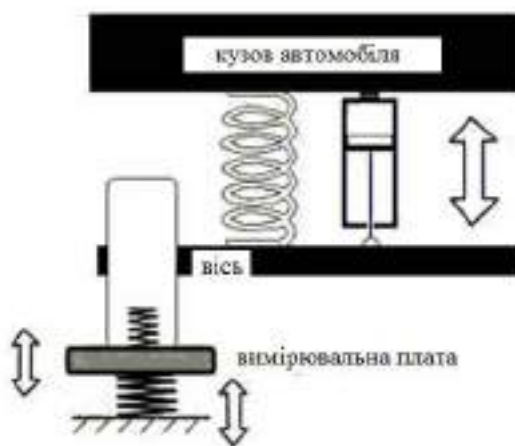


Рисунок 1.9 – Метод діагностування амортизаторів за амплітудними коливаннями.

Після проходження точки резонансу примусове збудження коливань припиняється вимкненням електродвигунів стенду. При цьому частота коливань збільшується та перетне точку резонансу. У цій точці досягається максимальний перебіг підвіски. Зі збільшення частоти амплітуда також збільшується і при цьому здійснюється вимірювання частотної амплітуди амортизатора.

Амплітуда коливань (рис. 1.10) визначається за рухом наступної за колесом перевіркою плити та реєструється за допомогою електроніки.

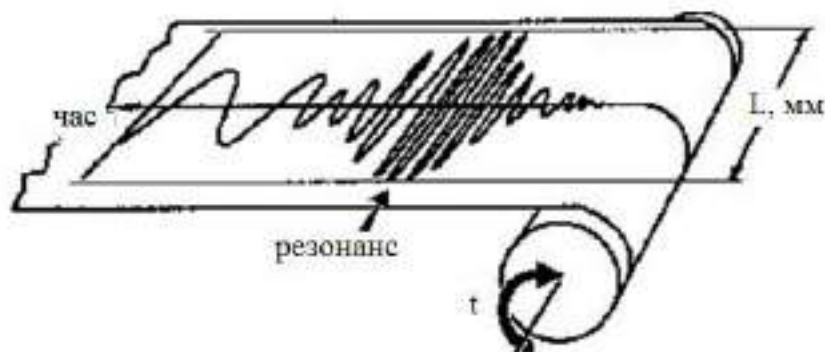


Рисунок 1.10 – Амплітуда коливань амортизатора.

При цьому вимірюється максимальне відхилення (максимальна амплітуда коливань), воно перераховується та відображається на екрані

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

монітора окремо для лівого та правого амортизатора. За графіком коливань на екрані монітора можна оцінити ефективність амортизаторів, навіть не знаючи параметрів, закладених виробником: що менше амплітуда резонансу на графіці, то краще працює амортизатор.

Виміряні для кожного колеса на частоті резонансної значення амплітуди коливань виводяться в мм. Крім цього для обох амортизаторів однієї осі виводяться різниці довжин у відсотках. Завдяки цьому можна судити про взаємний вплив обох амортизаторів однієї осі.

Стан амортизаторів за амплітудним показником визначається наступним чином [10]:

- гарне – 11...85 мм (для ваги задньої осі до 400 кг – 11...75 мм);
- погане – менше 11 мм;
- зношене – понад 85 мм (для ваги задньої осі до 400 кг – понад 75 мм).

Різниця ходу коліс не повинна перевищувати 15 мм.

Стенди для перевірки амортизаторів, наприклад фірми Маха (серії FVT), можуть бути призначені для лінійного посту, при цьому заїжджати на майданчик потрібно рівно по поздовжній осі. Важелі приводу таких стендів хитаються навколо осі. Інша серія – SA, цієї ж фірми завдяки паралелограмному важелю під майданчиком, дозволяє майданчику переміщати вгору та вниз у горизонтальній площині. Завдяки цьому автомобіль може заїжджати на майданчик під будь-яким кутом, що дозволяє оптимальніше використовувати площі, де проводиться перевірка підвісок.

Стенди для перевірки амортизаторів, наприклад фірми Маха, можуть проводити пошук шумів підвіски. У цьому режимі оператор може задавати частоту обертання ротора (від 0 до 50 Гц). Без режиму пошуку шумів джерело шуму необхідно шукати за частки секунди, доки загасають коливання підвіски.

Стенд для діагностики амортизаторів MS201 (рис. 1.11) застосовується для перевірки амортизаторів за допомогою визначення залежно від

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

навантаження до діагностованого агрегату від розташування штока амортизатора щодо корпусу.

Використання станду MS201 забезпечує повноцінну діагностику амортизаторів, за результатами якої можна визначити їхню працездатність і скласти точний план ремонтних робіт [11].



Рисунок 1.11 – Стенд діагностики амортизаторів MS201 [11].

Діагностика амортизаторів на стенді проводиться в ручному (з можливістю зміни швидкості: 60, 120, 180 об/хв) або автоматичному режимах. Кріплення амортизатора на стенді відбувається за допомогою пневматичних затискачів, що забезпечують надійну фіксацію агрегату.

Результати тестування амортизаторів виводяться на сенсорний дисплей стенда.

Робота зі стендом MS201 не викликає будь-яких труднощів, проте перед його використанням обов'язково треба вивчити інструкції з експлуатації.

Переваги:

- Перевірка амортизаторів усіх типів.
- Діагностика амортизаторів на різних швидкостях під навантаженням.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- Можливість порівняння результатів перевірки через накладення графіків один на інший або розміщення двох результатів поруч.
- Збереження та друк (за потреби) результатів тестування.
- Просте програмне забезпечення.
- Наявність датчика для визначення температури амортизатора під час діагностики.

Стенд дозволяє тестувати амортизатори легкових автомобілів усіх типів.

Функціональні можливості. Стенд з вбудованим пристроєм, що зважує, дозволяє визначити її ефективність за методом EUSAMA, навантаження на вісь до 2000 / 4000кг, два електродвигуни по 3кВт, випробувальна ширина 915 – 2015 мм.

Використовується метод EUSAMA для тестування амортизаторів автомобіля, що визначає показники демпфування та резонансну частоту. Висока точність системи зважування, на базі 6 датчиків, по 3 на кожен майданчик.

При випробуванні під колесами автомобіля починає почергово вібрувати спочатку ліва, потім права платформа, при цьому на амортизатори кожного моста починає впливати певна сила, що прагне порушити зчеплення колеса з поверхнею, що підстилає.

Комп'ютер реєструє мінімальну вагу, що припадає на кожне колесо під час вібрації, і порівнює його з вагою, що припадає на те колесо, коли автомобіль перебуває в нерухомому стані.

Чим вище зчеплення, тим краще буде взаємодіяти автомобіль з дорожнім покриттям в умовах реального руху.

Після закінчення тесту можна надрукувати діагностичний протокол на принтері.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нове та сучасне програмне забезпечення SPACE у 3D графіку зі зручним інтерфейсом дозволить оператору швидко адаптуватися та налаштувати під себе всі функції.

Стенд випробування амортизаторів APF (рис. 1.12, табл. 1.2) є компонентом діагностичної лінії, що вимагає дооснащення модулем управління PFC750 і гальмівним стендом за бажанням пластиною відведення, до конфігурації повної діагностичної лінії, таким чином користувач зможе отримати максимально повну інформацію про стан гальмівної системи автомобіля.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики APF 110 [12].

Датчики ваги, тензодатчики	6 штук
Діапазон коливань, хід	6 мм
Потужність двигунів	2x3 кВт
Навантаження на вісь під час тестування / при транзиті	2000/4000 кг
Живлення	380 В
Точність	±0.1%
Частота коливань	25 Гц

Стенд MSD 3000 (рис. 1.13) призначений для перевірки демпфуючих властивостей підвіски [13].

Для простої та точної перевірки демпфування підвіски - перевірка амортизаторів на основі принципу Тета. Швидка та проста, фізично обґрунтована перевірка системи підвіски автомобіля. Оцінка, заснована на Лерше коефіцієнт демпфування «D». Автоматичний запуск стенда під час завантаження обох майданчиків стенду. Повністю автоматичний режим

діагностування. Автоматичний вимірювання ваги осі та всього автомобіля.
Підготовлений для частотного пошуку шумів.



Рисунок 1.12 – Стенд для випробування амортизаторів APF 110.

У середньому на кожному сьомому автомобілі в Німеччині несправний хоча б один амортизатор [13]. Такі дані вже неодноразово були отримані різними дослідницькими організаціями та автомобільними інститутами.

Кількість випадків несправності амортизаторів помітно зростає при пробігу понад 100 000 км. Крім того, зношені компоненти амортизаторів, такі як гумові втулки, негативно впливають на параметри демпфування осі.

Наслідком цього є збільшення ризиків ДТП, оскільки довжина гальмівного шляху, крен на віражах, робота АБС та протиковзних систем,

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

таких як ESP, безпосередньо залежать від властивостей підвіски, що демпфують.



Рисунок 1.13 – Стенд для перевірки демпфуючих властивостей підвіски MSD 3000

Особливості стану MSD 3000 [13]. Дуже простий у роботі завдяки повністю автоматичній процедурі вимірювання. Автоматичний початок вимірювання під час завантаження обох платформ стану. Електромотори розгойдують платформи стану до частоти 10 Гц, потім відбувається процес загасання коливань, що частотно керується, до стану спокою з оцінкою максимальної амплітуди коливань.

Подання вимірянних результатів, заснованих на Лерше коефіцієнті демпфування «D», на екран із зазначеннями різниці зліва та праворуч, графічним поданням з оцінкою результатів. Роздруківка, що включає дату, час, адресу компанії та графік (опція). Підготовлений для частотного пошуку шумів.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Цифрове та графічне представлення вимірюваних величин ПЗ EUROSYSTEM. Значна інформація, заснована на прикладі несправного амортизатора.

За допомогою MSD 3000 можна зробити швидко і точну перевірку амортизаторів, оскільки цей стенд визначає демпфуючі властивості осі на підставі фізичного, а не емпіричного фактора. Робота MSD 3000 заснована на резонансному методі та аналізує кількість розсіюваної енергії в коливальній системі (вісь, колеса та кузов) на резонансній частоті. Через подальшу фізичну оцінку визначається безрозмірний фактор демпфування Лерше, також відомий як ступінь демпфування «D». Цей принцип вимірювання вважається високоточним, це вже підтверджувалося неодноразово складними дослідженнями та порівняльними тестами [13].

MSD 3000 простий у використанні та високоінформативний. Завдяки повністю автоматичному циклу вимірювання гарантована проста робота. Детальна роздруковка даних для клієнта включає виміряні величини, дату, час та адресу компанії. Більше того, графічне представлення амплітуд коливань (рис. 1.14) програмним забезпеченням EUROSYSTEM робить процес оцінки при випробуваннях дуже легким. Можна також порівнювати отримані дані з раніше отриманими або даними щодо аналогічних транспортних засобів.

Останні розробки у технологіях призвели до значного зменшення шумів усередині сучасних пасажирських автомобілів. Пошук джерел шуму часто пов'язані з витратними за часом пробними поїздками і не завжди може увінчатися успіхом, тому МАХА представляє свою нову опцію – «модуль пошуку шумів».

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



Цифрове і графічне відтворення вимірювальних величин за EUROSYSTEM

Важлива інформація, заснована на прикладі несправного амортизатора

Відтворення результатів вимірювань з лівої і правої сторони для адекватної оцінки

Рисунок 1.14 – Оцінка результатів вимірювань

Діагностичні майданчики можна використовувати в одиночному режимі або одночасно. Крім того, частоту коливань майданчика з кожної сторони можна змінювати незалежно один від одного. Шуми можна легко виявити та локалізувати завдяки безшумній роботі стенду. Після усунення джерела шуму рекомендується провести додаткову перевірку на стенді.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ MACPHERSON НА ПРИКЛАДІ АВТОМОБІЛЯ FIAT PANDA

Аналіз літературних джерел [1, 4, 8, 14], що описують характеристику та вибір пружних та гасящих елементів підвіски, показав відсутність інженерних методів розрахунку та добору їх характеристик.

У роботі [8] наводяться вимоги, яким має задовольняти підвіска автомобіля для забезпечення плавності ходу. Підвіска має забезпечувати певний закон зміни вертикальної реакції на колесо R_z залежно від величини прогину підвіски f . У деякому діапазоні зміни навантажень, близькому статичної $R_{zст}$, характеристики підвіски легкових автомобілів повинні забезпечувати оптимальну частоту коливань 0,8...12 Гц.

У роботі [4] наводяться методи розрахунків пружних елементів підвіски автомобілів, але відсутні методи розрахунку демпфуючих властивостей.

Оснащення сучасних автомобілів амортизаторами зі змінними характеристиками [14] частково дозволяють вирішувати цю проблему, але їх висока вартість не завжди дозволяє їх застосувати на автомобілях малого та середнього класу. Важливим завданням під час вибору елементів підвіски є адаптація їх до умов експлуатації. Наявність на дорожньому полотні як горбків так і вибоїн, а найчастіше і експлуатація транспортних засобів на насипних та ґрунтових дорогах призводить до пробоїв підвіски та зниження стійкості автомобілів на дорогах.

Для вивчення впливу характеристик підвіски на коливання кузова автомобіля доцільно використання програмних комплексів твердотілого моделювання [15], які дозволяють з мінімальними матеріальними витратами провести в найкоротші терміни розрахунок параметрів пружних та

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

демпфуючих елементів підвіски. Отримані результати дозволять спростити вибір жорсткості пружин та амортизаторів.

2.1 Створення твердотільної моделі підвіски.

Для реалізації розрахунків демпфуючих властивостей амортизаторів автомобілів особливо малого класу оберемо представника з класу А. Автомобіль Fiat Panda - лідер у своєму класі з інновативності оснащення. Вперше в класі запропоновані: скляний панорамний люк SkyDome з сервоприводами, клімат-контроль, система динамічного контролю ESP з функцією Hill Holder, висококласні стереосистеми, у тому числі з програвачем CD/MP3, чейнджером і акустикою Hi-Fi.

Fiat Panda має високий рівень безпеки для свого класу. Вже в базове оснащення входять фронтальні подушки безпеки, системи ABS і EBD. Вперше у класі загальна кількість подушок безпеки сягає 6 штук.

Для Фіат Панда запропоновані 4-циліндрові двигуни: бензинові серії Fire об'ємом 1.1 і 1.2 л, потужністю 54 і 60 к.с., а також з високоефективним турбодизель нового покоління 1.3 16v Multijet потужністю 70 к.с., що володіє титулом «Двигун року» [16].

У конструкції мдвигуна Multijet застосована технологія багатофазного упорскування common rail під високим тиском, запатентована Fiat і гарантує високоефективну роботу при низькій витраті палива.

Стандартною для версій 1.1 та 1.3 16v Multijet є 5-ступінчаста механічна коробка передач. Для версії 1.2 запропоновано роботизовану КП Dualogic нового покоління, створену на основі технології Selespeed. Коробка передач Dualogic має автоматичний та ручний режими роботи. Зручний важіль керування КП розташований на центральній консолі.

Основними вихідними даними даного моделювання є зусилля на штоку амортизатора. Заводські параметри амортизатора автомобіля Fiat Panda 1.1i

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Fire наведено у таблиці 2.1. Жорсткість пружини, жорсткість колеса, масогабаритні показники безпружинних мас [16]. Основні технічні характеристики автомобіля Fiat Panda 1.1i Fire наведено у таблиці 2.1.

Амортизатор двотрубного типу, гідравлічний, діаметр штока 22 мм, зовнішній діаметр резервуара 52 мм, довжина в стислому положенні $L_{ст} = 361,9$ мм, хід штока $H = 167,4$ мм, довжина в розтягнутому стані $L_p = 529,3$ мм.

Таблиця 2.1 – Заводські параметри жорсткості амортизатора

Зусилля опору, Н (при швидкості поршня м/с)			
Стиснення		Розтягування	
Дросельний режим	Клапанний режим	Дросельний режим	Клапанний режим
94 (0,105)	153 (0,314) 487 при 1м/с	612 (0,105)	752 (0,314)

За даних досліджень застосовувалася жорсткість амортизатора $k_x = 0,487$ Н/(мм/с) оскільки метою дослідження є дослідження процесу наїзду на гобок, а також у зв'язку з неможливістю задати двосторонню характеристику амортизатора, прийнятий параметр жорсткості як на стиск, так і на розтяг.

Основні характеристики пружини наведено у таблиці 2.2.

Вага важелів та інших безпружинних елементів, були отримані в процесі твердотільного моделювання. На автомобілі Fiat Panda 1.1i Fire на сталевий диск 2J-13H2, (виліт 35 мм, кріпильні отвори 4×98×58,5) встановлюється шина 175/70R13.

При розробці моделі допускаємо певні спрощення, які допоможуть скоротити час рахунку моделі.

Виконана модель підвіски складається з основних елементів, таких як стійка амортизатора, поворотного кулака, гальмівного диска, важелів

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

підвіски, важеля кермового управління (рис. 2.1), шарнірів та гвинта, яким фіксується гумометалевий шарнір. Вони зафіксовані між собою та імітують кузов автомобіля. До них буде додана сама вага автомобіля (на моделі представлений у формі куба вагою 3188 Н). Також вводимо в додаткову деталь вагу не облікових елементів, таких як: супорт (3,0 кг), гальмівні колодки (1,0 кг), захисний кожух (0,1 кг) колісні гвинти та інші металовироби (0,15 кг), шарнір рівних кутових швидкостей (1,9 кг) у розмірі 6,15 кг.

Таблиця 2.2 – Характеристики пружини автомобілі Fiat Panda 1.1i Fire.

Параметр	Значення
Діаметр дроту до навивки, мм	12,9±0,05
Внутрішній діаметр пружини, мм	124,8±1,0
Товщина покриття мм	0,1±0,05
Повна кількість витків	7±0,05
Число робочих витків	5,5
Висота пружини у вільному стані, мм	383,5
Контрольне навантаження,	Н 3188±118
Висота пружини при контрольному навантаженні, мм	211
Жорсткість пружин, Н/м	18620±590



Рисунок 2.1 – Твердо тільна модель підвіски (передня ліва стійка).

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.2 Умови динамічного розрахунку.

Рухомість даного об'єкта забезпечується за допомогою циліндричних та сферичних шарнірів. Як основний пружний елемент виступає пружина, вона закріплена на моделі між двома склянками на штоку та циліндрі амортизатора [15].

Кріплення моделі виконуємо за допомогою спеціальних «склянок». Циліндричні шарніри замінюють парою сполучення: «концентричність і збіг», залишаючи лише один ступінь рухливості елементу (обертання навколо своєї осі) сферичні шарніри в моделі забезпечені за допомогою умови концентричності двох сферичних поверхонь (залишаючи шарніру 3 ступеня рухливості).

Модель пагорба представляє вкату опуклість на дорозі, висотою 50 мм, радіусом 1625 мм, з радіусами кола 1000 мм на ділянці рівного дорожнього полотна (рис. 2.2).

Взаємодія колеса з дорогою моделюється через параметр «контакт» що дозволяють моделювати взаємодію тел. Задаємо властивості контактуючих елементів [16]:

- властивості пружності: $v_k = 10,16$ мм/с; $\mu_k = 0,8$;
- статичне тертя: $v_s = 0,10$ мм/с; $\mu_s = 0,8$;
- властивості пружності: жорсткість 8000 Н/мм; показник жорсткості 2; максимальне демпфування 1,47 Н/(мм/с); проникнення 0,10 мм.

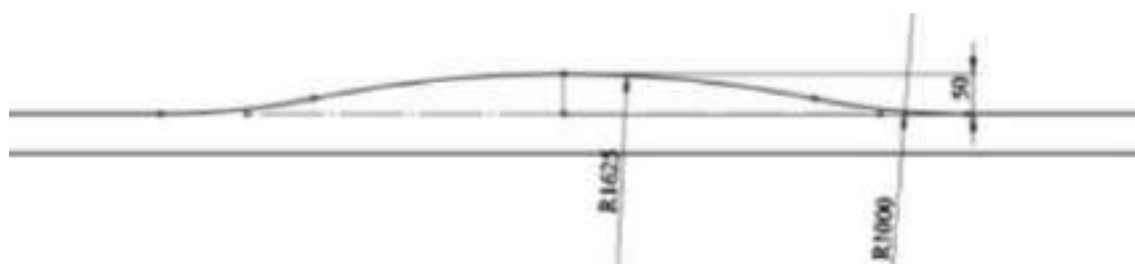


Рисунок 2.2 – Геометричні параметри пагорба.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Задаємо основні значення сили: сила гравітації (паралельно осі Y), коефіцієнт прискорення вільного падіння $99806,65 \text{ мм/с}^2$. Також для швидкого набору швидкості моделі задаємо лінійний двигун моделі (до кріпильних склянок, що виконують роль кузова) зі швидкістю переміщення $16,67 \text{ м/с}$ та двигун, що обертає колесо.

Пружина замінена умовою «лінійна пружина» з відповідною лінійною жорсткістю, приймаючи значення пружини класу А, та клапана всередині амортизатора замінена металевим кубом, із відповідною вагою. Приймаємо значення демпфера стійки амортизатора $k_x = 0,487 \text{ Н/(мм/с)}$.

Дослідження проведемо за умови роботи амортизатора в односторонньому клапанному режимі. У зв'язку з великою швидкістю переміщення автомобіля результати будуть прораховуватися з періодичністю 300 кадрів на секунду.

Виконавши розрахунок, отримуємо траєкторію руху конструкції. Даний розрахунок проводимо за різних параметрів жорсткості амортизатора (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Значення жорсткості амортизатора

№	Значення жорсткості амортизатора, Н/(мм/с)
1	0,327
2	0,407
3	0,487
4	0,567
5	0,647

2.3 Результати динамічного розрахунку.

Результатом динамічного дослідження підвіски є вплив жорсткості амортизатора на лінійне переміщення, швидкість та прискорення штока амортизатора щодо циліндра, а також кузова автомобіля щодо дорожнього покриття.

Візуальне відображення поведінки елементів підвіски представлено на рис. 2.3.

Опишемо процеси, що протікають у моделі, за допомогою отриманих графіків при номінальній характеристиці підвіски.

Відобразимо графіки того, що відбувається в момент подолання нерівності, а саме переміщення, швидкість і прискорення рухів штока амортизатора (для визначення руху не підресорених мас) та відносного руху кузова (для визначення комфорту руху автомобіля).

На графіках зображені залежності лінійного переміщення поступальної швидкості та поступального прискорення штока амортизатора щодо його циліндра, залежно від часу, за який автомобіль здійснює наїзд на перешкоду. Розглянемо більше докладно тимчасові відрізки (рис. 2.4 - 2.6).

Ділянка 1-2 відповідає рівномірному руху автомобіля по рівній дорозі. У крапці 2 спостерігається наїзд на перешкоду, при цьому відбувається різке збільшенні швидкості вертикального руху підвіски елементів. Плавність додатково забезпечує шина автомобіля, пружно деформуючись під впливом ваги автомобіля. Крапка 3 відповідає найбільшій швидкості переміщення. Крапка 4 відповідає втраті контакту колеса з поверхнею дороги. Крапка 5 вказує на максимальну величину стиснення амортизатора після втрати контакту колеса з дорогою, у зв'язку з тим що безпружинні маси, завдяки інерції, продовжують рух вгору. Саме цей фрагмент безпосередньо залежить від сили на штоку амортизатора. Крапка 6 відповідає приземленню

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

автомобіля на дорогу. Відрізок 6...7 демонструє роботу підвіски після зниження автомобіля, момент стиснення стійки амортизатора, наступний рух відбувається за синусоїдальним законом, з поступовим згасанням.

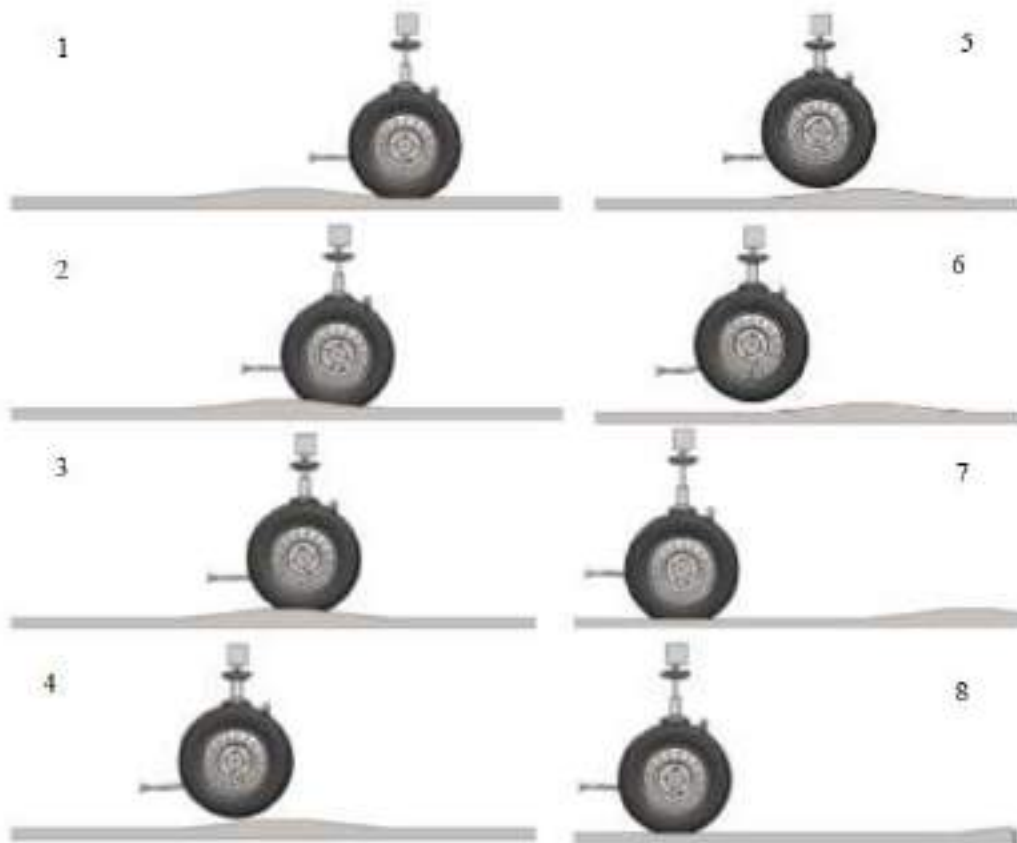


Рисунок 2.3 – Подолання автомобілем нерівності дороги (вихідний варіант налаштування підвіски).

На рис. 2.7 – 2.9 зображені залежності лінійного переміщення поступальної швидкості та поступального прискорення кузова автомобіля щодо дорожнього покриття, в залежності від часу, при якому автомобіль здійснює наїзд на перешкоду. Тимчасові точки відповідають попереднім графікам.

При проведенні розрахунку, значення параметрів для вищезгаданих точок занесені до табл. 2.4 – 2.9.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 2.4 – Величина переміщення циліндра амортизатора щодо штока.

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	213	213	186	150	129	205	251
0,407	213	213	201	149	130	206	249
0,487	213	213	200	149	131	207	246
0,567	213	213	200	149	133	208	246
0,647	213	213	200	149	134	209	245

Таблиця 2.5 – Швидкість переміщення циліндра амортизатора щодо штока.

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	0	2895	2144	92	3196	6
0,407	0	0	1875	2048	173	3095	489
0,487	0	0	1847	2003	241	2978	500
0,567	0	0	1869	1971	307	2832	88
0,647	0	0	1862	1922	360	2725	82

Таблиця 2.6 – Прискорення циліндра амортизатора щодо штока.

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	0	81842	108774	109006	41499	163149
0,407	0	0	201101	112446	107564	44586	183330
0,487	0	0	199693	115624	105912	47436	103523
0,567	0	0	198124	118442	104005	47048	131850
0,647	0	0	196407	121031	101911	38581	124862

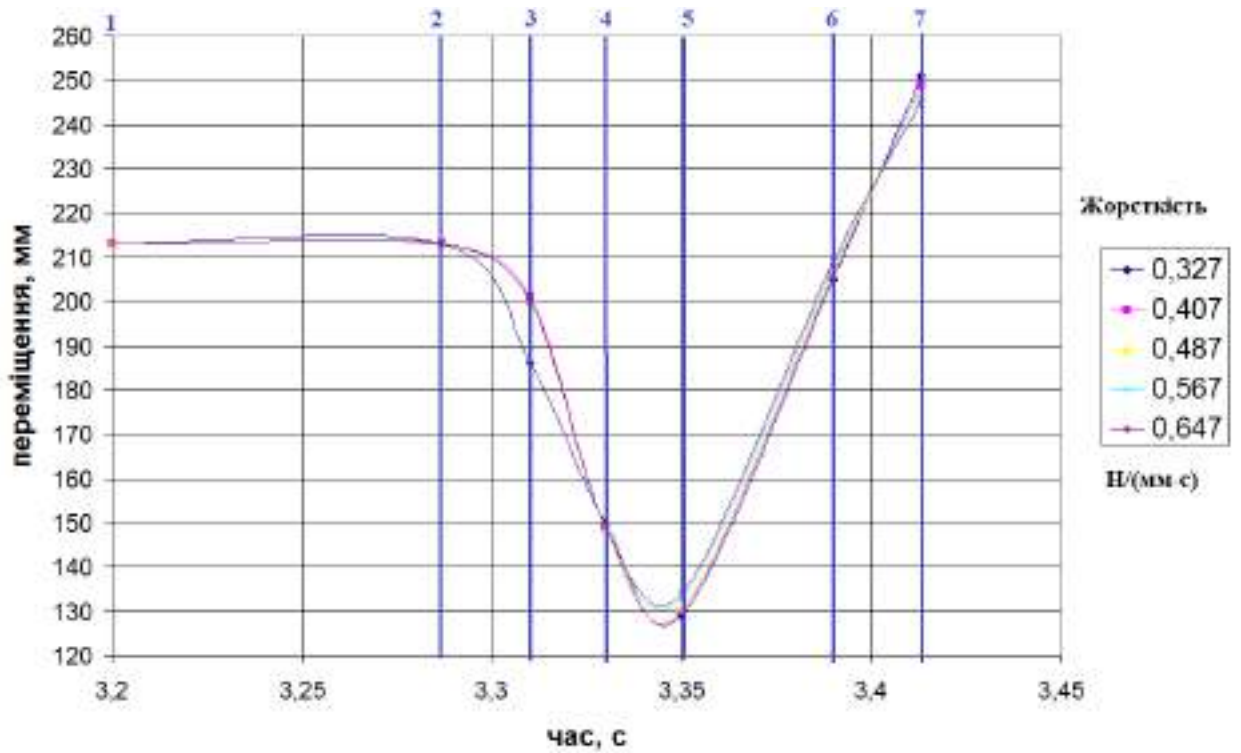


Рисунок 2.4 – Графік переміщення циліндра амортизатора щодо штока.

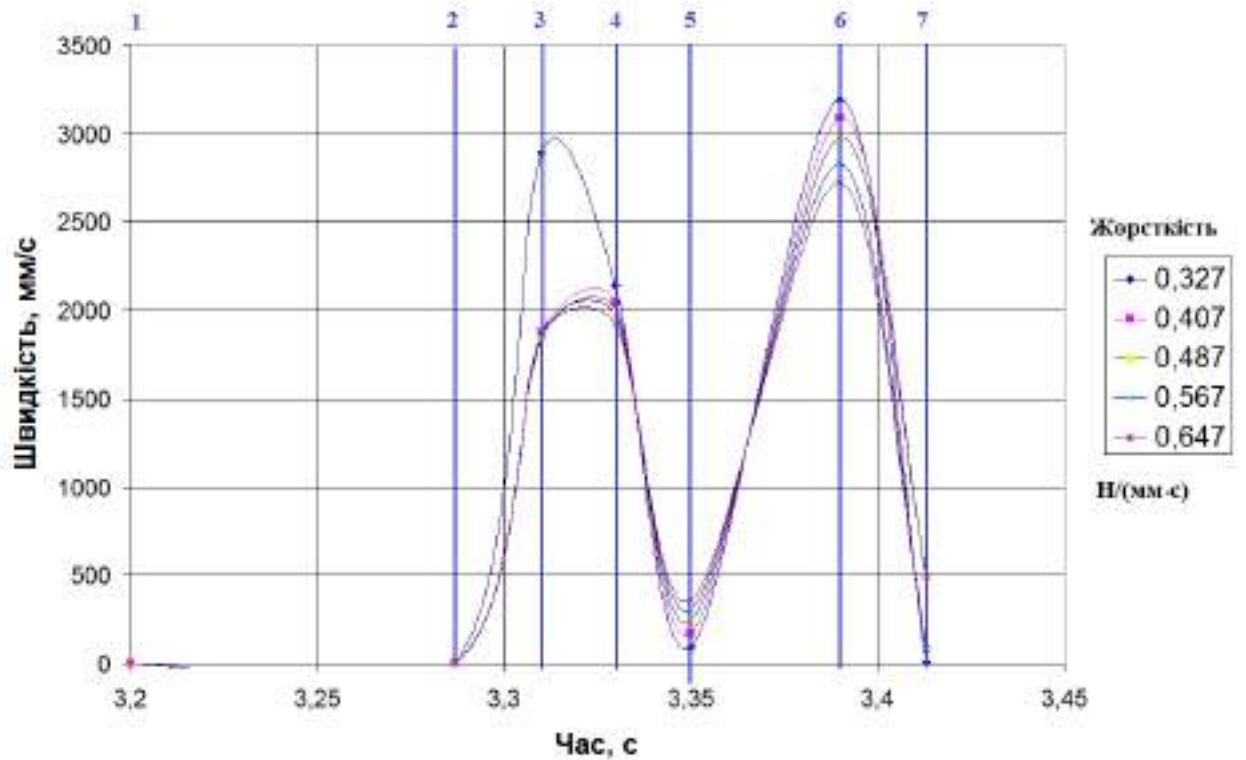


Рисунок 2.5 – Графік швидкості руху циліндра амортизатора щодо штока.

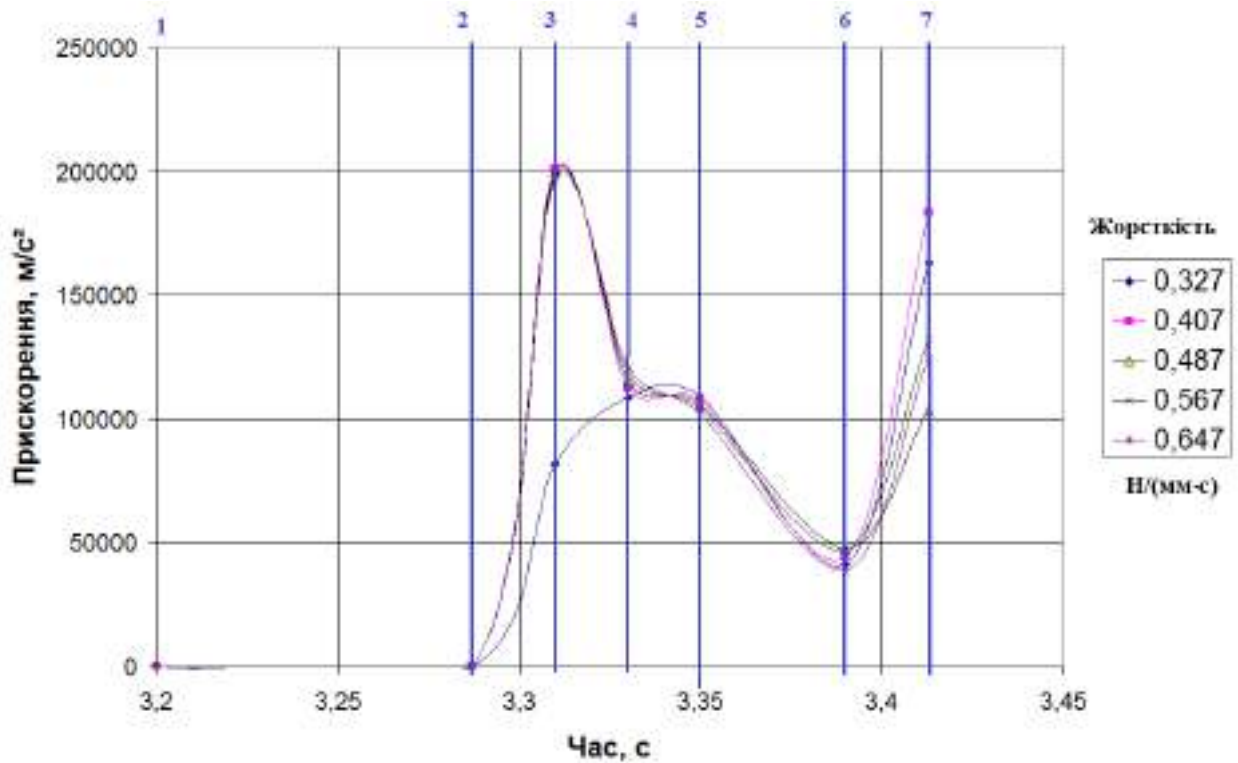


Рисунок 2.6 – Графік прискорення циліндра амортизатора щодо штока.

Таблиця 2.7 – Величина швидкості переміщення кузова щодо дорожнього покриття.

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	0	22	92	223	325	184
0,407	0	0	24	103	236	314	174
0,487	0	0	25	115	249	290	163
0,567	0	0	24	127	265	296	152
0,647	0	0	23	139	275	287	142

Таблиця 2.8 – Прискорення кузова щодо дорожнього покриття.

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	0	2853	7149	5566	-1858	-1628
0,407	0	0	3329	7597	5413	-3063	-1366
0,487	0	0	3735	8027	5225	-5185	-1400
0,567	0	0	4187	8375	4961	-4616	-1670
0,647	0	0	4616	8703	4713	-5064	-1658

Таблиця 2.9 – Величина переміщення кузова щодо дорожнього покриття

Сила на штоці, Н/(мм/с)	Час, с						
	3,2	3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	960	960	960	960	963	975	981
0,407	958	958	958	959	962	974	980
0,487	957	957	957	958	961	974	979
0,567	956	956	956	957	961	974	979
0,647	955	955	956	957	961	974	979

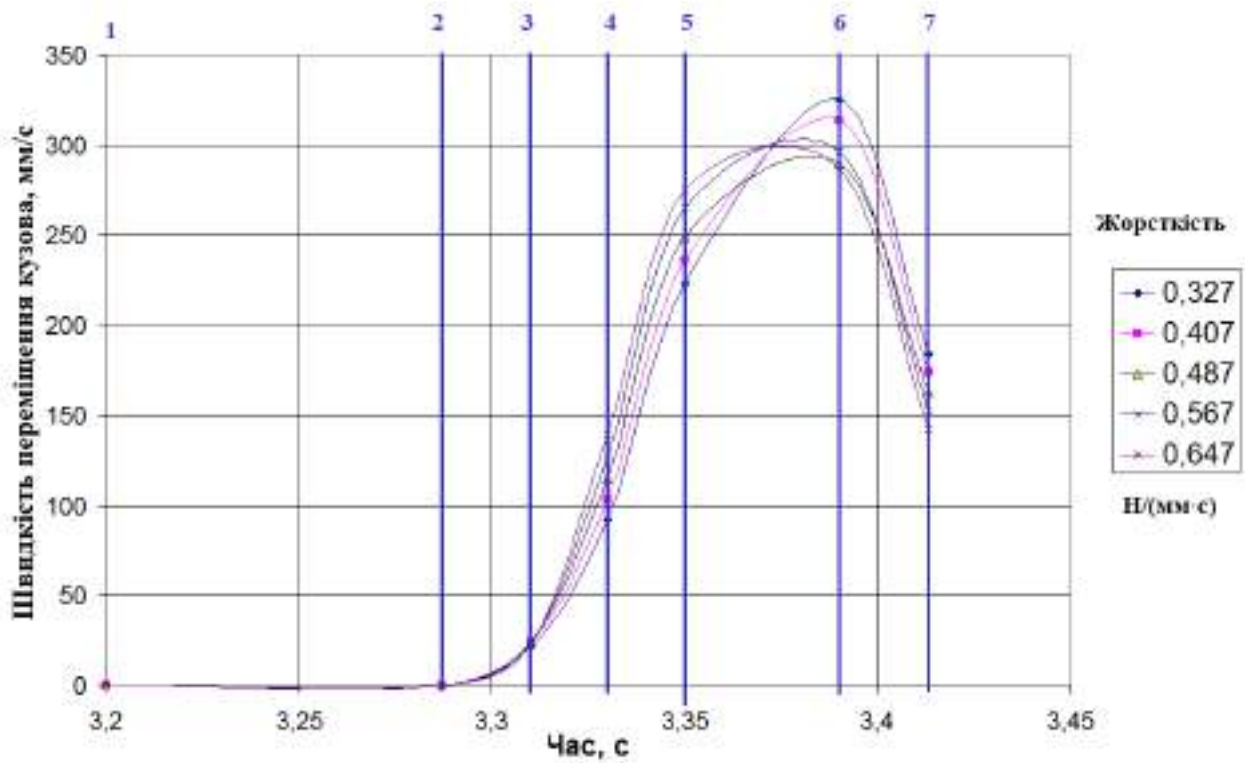


Рисунок 2.7 – Графік швидкості переміщення кузова щодо дорожнього покриття.

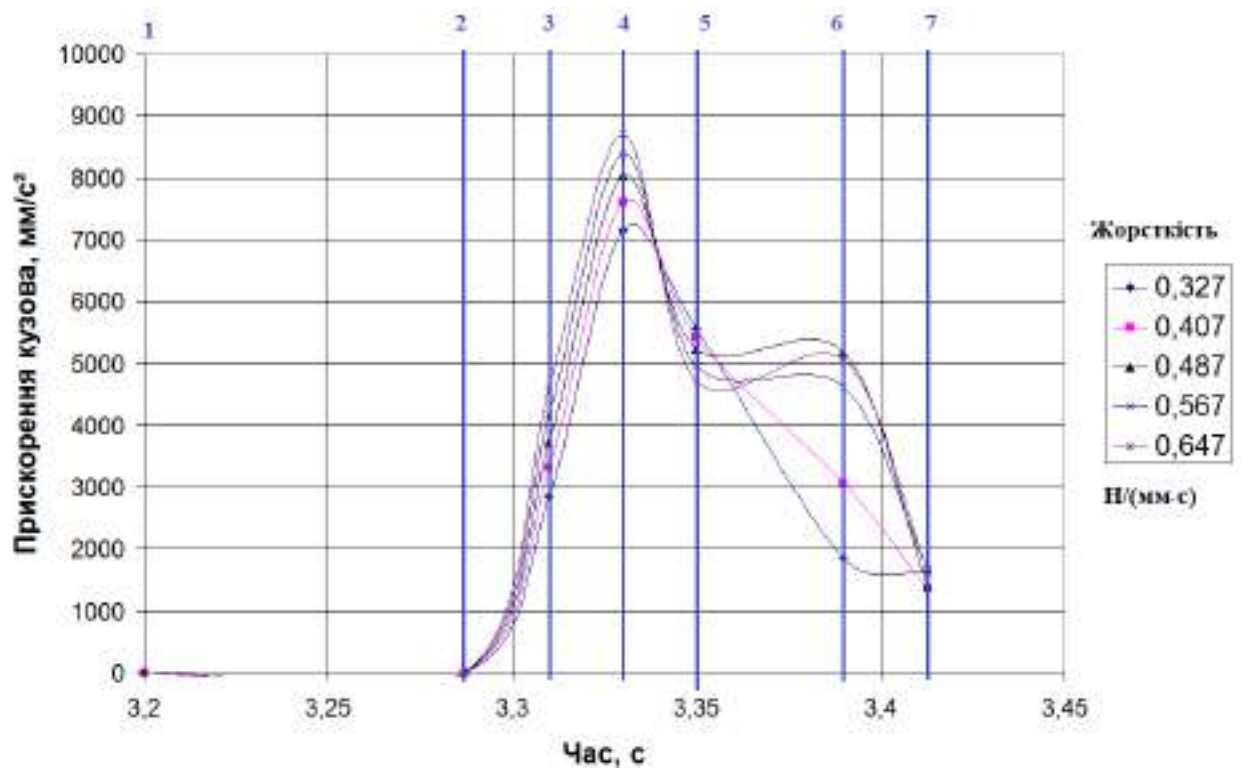


Рисунок 2.8 – Графік прискорення кузова щодо дорожнього покриття.

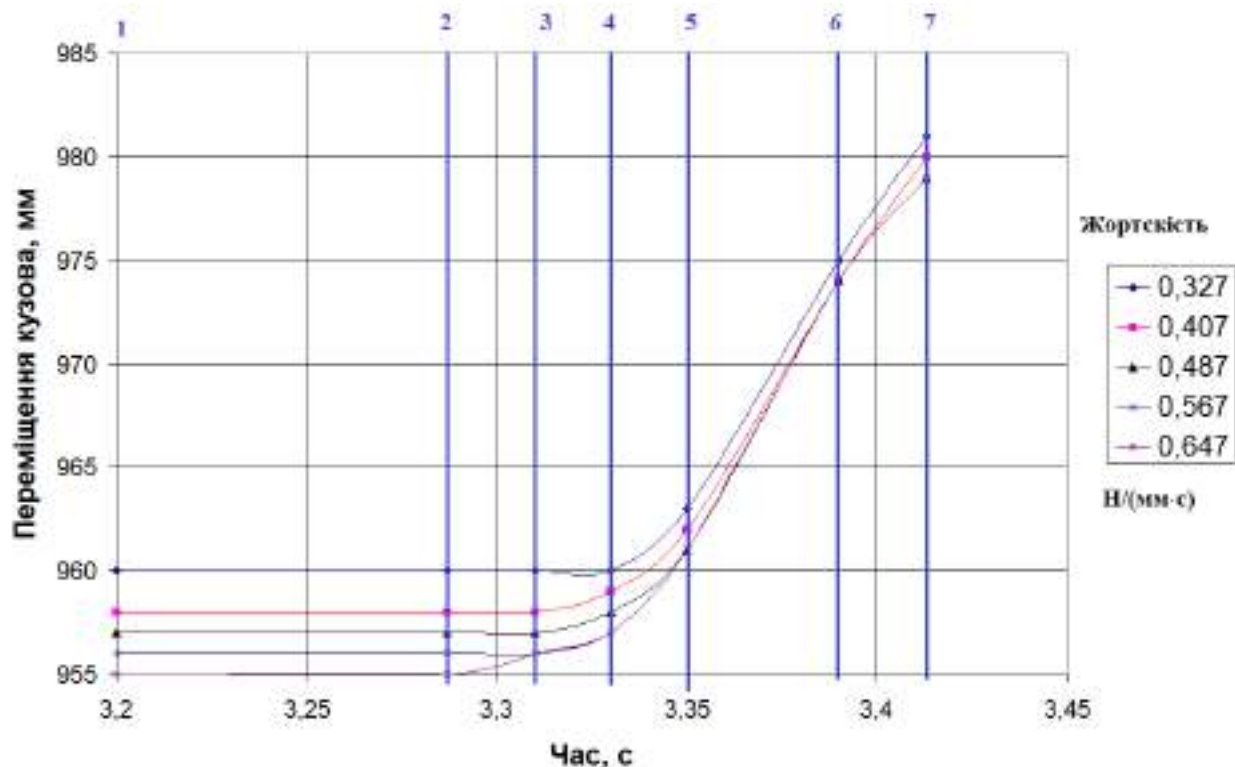


Рисунок 2.9 – Графік переміщення кузова щодо дорожнього покриття.

Аналіз даних дозволяє виявити більші переміщення штока амортизатора при менших силах демпфування, це пов'язано з тим, що після втрати контакту пагорба з дорогою не підресорені маси продовжують рух нагору, завдяки силі інерції, опираючись тільки з силою на штоку амортизатора та жорсткістю пружини.

Візуалізація руху підвіски дає нам розуміння, про те, що відбувається з безпружинними масами, і чітко вказує на втрату контакту колеса з дорогою. На це вказує час зниження швидкості руху амортизатора, у зв'язку з торканням колеса з дорогою.

Чітко виражена залежність між жорсткістю амортизаторів і комфортом руху автомобіля, при більшій жорсткості амортизатора виразніше помітні удари та перепади навантажень. Результати вказують на підвищення навантаження на верхній шарнір кріплення стійки амортизатора, що виразне різким зростанням швидкості руху кузова вгору. Це особливо помітно на "жорстких" амортизаторах. Також варто відзначити протилежний бік - "м'які"

амортизатори. Отримані дані демонструють більш плавні збільшення швидкості, що вказує на більш комфортний рух автомобіля. Також недоліком таких амортизаторів є те, що колесо на більший період часу, порівняно з більш жорсткими, втрачало контакт із дорожнім покриттям.

Підбір параметрів пружних та демпфуючих елементів конструкції підвіски є складне та трудомістке завдання. До такого роду досліджень пред'являють жорсткі вимоги, пов'язані із забезпеченням надійного контакту коліс автомобіля з дорожнім покриттям та забезпеченням комфортабельного пересування. Умови руху транспортних засобів дорогами України вимагають знаходження компромісу між цими вимогами.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

РОЗДІЛ 3. АДАПТИВНА ПІДВІСКА АВТОМОБІЛІВ

3.1 Аналіз адаптивних підвісок автомобілів.

Під адаптивною або активною підвіскою розуміють регульовану підвіску автомобіля, в якій величина ступеню демпфування встановлених амортизаторів корегується в певному діапазоні, в залежності від параметрів руху автомобіля, стану дорожнього покриття та за бажанням водія. Ця підвіска дозволяє зменшити до мінімального значення крен кузова при різних режимах руху автомобіля (гальмування або прискорення, буксирування причепа, поворот).

Серед відомих найпростіших пристроїв, що забезпечують зміну опору амортизатора в залежності від амплітуди переміщення поршня (або штока), є «Monroe Sensa-trac» і «Sachs Vario», хоча і не відносяться до адаптивних. Реалізується це завдяки спеціальним поздовжнім пазам, що мають максимальний переріз у середній частині циліндра і сходять нанівець вгорі та внизу. Кожен паз циліндра слугує додатковим каналом, що дозволяє амортизаторній рідині обійти поршневий клапанний вузол. Тобто, при роботі підвіски з низькою амплітудою - опір переміщенню поршня та ступінь демпфування амортизатора низькі, а при роботі з високою амплітудою, відповідно, значно вищі. Даний тип амортизаторів випускається в двотрубному та однотрубному виконанні. Сфера застосування таких амортизаторів, переважно, у ресорних підвісках малотоннажних вантажівок, а також у системах підресорювання кабін вантажівок. Головною перевагою такої конструкції є можливість встановлення таких амортизаторів замість стандартних (нерегульованих), а також відсутність необхідності в різних елементах управління. Разом з тим, подібні пристрої не використовуються в

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

підвісках автомобілів, для яких необхідно, щоб зміна жорсткості мала пряму залежність від прикладеного осьового навантаження.

Конструкція амортизатора з можливістю регулювання його жорсткості може бути компромісом між комфортом і безпекою (керованістю). Існує два основні види таких моделей. Перші дозволяють змінювати свої характеристики лише у статиці, коли автомобіль нерухомий. Деякі для цього взагалі доводиться знімати із корпусу. Другий вид – це амортизатори, що змінюють свої характеристики під час руху автомобіля. Як правило, вони керуються автоматично, без участі водія. Регулювання може здійснюватися в залежності від загальмованості його руху, від навантаження на вісь автомобіля, від дорожніх умов, температури навколишнього повітря і самого амортизатора або від усіх типів умов разом. У такому разі автомобіль оснащують спеціальними датчиками та блоком керування, що подає команди на виконавчі механізми. До таких механізмів відносяться такі системи, як «FSD» (Frequency Selective Damping - частотно залежне демпфування) від голландського виробника Konі [17]. Основна ідея «FSD» полягала в тому, що в штоку встановлюють клапан, через який масло проходить, минаючи основний клапан у поршні, і залежно від частоти коливання підвіски клапан «FSD» відкривається більше або менше, змінюючи жорсткість амортизатора. Тобто якщо підвіска здійснює менше одного коливання в секунду (до цього відносяться прискорення, гальмування і крен при проходженні повороту), клапан залишається в початковому положенні, але якщо підвіска починає вібрувати з більшою частотою, то клапан починає відкриватися при кожному проходженні поршня на відбій і стиск. При низькочастотних коливаннях підвіски (на рівній дорозі) амортизатор працює в стандартному режимі, а при високочастотних коливаннях, при руху в умовах бездоріжжя або пошкодженому покритті дороги, зусилля відбою падає, одночасно збільшуючи комфорт покращуючи зчеплення колеса з покриттям.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Як один із варіантів можна розглянути електричні клапани, що дозволяють змінювати характеристики амортизаторів. Як приклад наведемо систему «CDC» (Continuous Damping Control — безперервний контроль демпфування), яку активно застосовує фірма «Opel» на останніх версіях автомобіля Astra. Електронна система керування демпфуванням, основу якої складають чотири двотрубні амортизатори з газовим підпором і регульованими електромагнітними клапанами, що встановлюються збоку в нижній частині амортизатора та в середині самого поршня, безперервно і якісно керує характеристиками амортизаторів з урахуванням індивідуального стилю водіння, стану дорожнього покриття, кута повороту керма. Керуючий модуль системи «CDC» в реальному часі з допомогою спеціальної матриці параметрів розраховує оптимальні характеристики амортизаторів кожного окремого колеса, враховуючи сигнали датчиків прискорення. В результаті чого значно зменшуються «кльовання» при гальмуванні та крени при проходженні нерівностей або поворотів.

Є й простіші рішення. Такі компанії, як «BOGE» і «MONROE» [18], випускають моделі амортизаторів, у яких на внутрішній поверхні робочого циліндра є вертикальна канавка змінного перерізу, що калібрується. Масло по ній може перетікати з однієї порожнини резервуара до іншої, минаючи клапанну систему поршня. У середній частині циліндра, що називається «зоною комфорту», проточка має постійний переріз. На цьому відрізку поршень здійснює плавні незначні переміщення, що зумовлені рухом автомобіля по прямій та рівній дорозі.

Коли характер поверхні дороги змінюється і колесо потрапляє у вибоїну, поршень переміщається вже на значну відстань і потрапляє в зону циліндра, де канавка завбачливо починає звужуватися, а потім зовсім зникає. У цій зоні відповідно і опір амортизатора різко зростає.

Загалом, яка б конструкція не застосовувалася для автоматичного регулювання параметрів амортизатора, вона покликана, залежно від профілю

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

дороги і характеру руху автомобіля, віддавати перевагу або комфорту, або керованості.

3.2 Системи керування адаптивних підвісок.

Адаптивні підвіски включають в себе регульовані амортизатори та систему їх керування.

Регульовані амортизатори служать для зміни ступеня демпфування підвіски. Ступень демпфування підвіски, це швидкість загасання коливань, що залежить від характеристики амортизаторів та величини підресорених мас.

За допомогою електромагнітних регульовальних клапанів або шляхом зміни прохідного перерізу клапана поршні амортизатора найчастіше здійснюється регулювання демпфуючих властивостей амортизаторів. В електромагнітних клапанах змінюється прохідний переріз в залежності від величини діючого струму. Із збільшенням струму зменшується прохідний переріз клапана і підвищується ступінь демпфування амортизатора (тобто – жорстка підвіска). З іншого боку, чим менше значення струму, тим більше прохідний переріз клапана і, відповідно, нижче ступінь демпфування (тобто – м'яка підвіска). Регульовальні клапани встановлюються на кожен амортизатор і можуть розташовуватися, в залежності від конструкції, всередині або зовні в окремій камері.

Система управління забезпечує електронне або звичайне регулювання ступеня демпфування амортизаторів. В електронному варіанті вона включає електронний блок управління, вхідні датчики та виконавчі пристрої.

У роботі системи керування адаптивною підвіскою використовуються наступні вхідні датчики (див. рис. 3.1):

- клавіша налаштування демпфування (керування системою регулювання характеристики амортизаторів);

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

- датчики прискорень кузова;
- датчики положення кузова або дорожнього просвіту щодо дорожньої поверхні;
- датчики прискорень коліс автомобіля.

За допомогою кнопки в салоні автомобіля здійснюється ручний вибір режимів роботи адаптивної підвіски (регулювання властивості амортизаторів). Датчики забезпечують її автоматичне регулювання.

Датчики дорожнього просвіту або положення кузова (рама) щодо опорної поверхні фіксують величину ходів підвісок при стисненні та відбої. Вони відстежують поточне положення кузова або рами автомобіля під час його руху, а саме при прискоренні, гальмуванні та поворотах.

Датчики коліс та прискорень кузова визначають величину прискорень кузова (або рами) та коліс автомобіля у вертикальній площині. Цифрові показники цих датчиків характеризують якість дорожнього покриття. Чим більше нерівностей на дорозі, тим більші значення прискорення коліс та, відповідно, активніше коливання кузова автомобіля.

Сигнали від датчиків надходять до електронного блоку керування, де, відповідно до закладеної програми, відбувається їх обробка та формування керуючих команд на виконавчі пристрої такі як: регулювальні клапани кожного амортизатора. У своїй роботі електронний блок керування підвіски використовує інформацію та взаємодіє з іншими блоками керування такими як: системи керування двигуном, систем ESP, ABS та інших.

В сучасних конструкціях адаптивних підвісок передбачено три режими роботи: нормальний (Normal), спортивний (Sport) або комфортний (Comfort). Вибір режиму залежить від водія та його потреб. У кожному з цих режимів здійснюється автоматичне регулювання ступеня демпфування амортизаторів, що знаходиться у межах багатопараметрової характеристики (рисунок 3.1). В ідеальному випадку, регулювання здійснюється таким чином, ніби кузов автомобіля, ніби «пливе» над опорною поверхнею дороги, практично не

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Основним елементом конструкції такої підвіски є регульований двотрубний амортизатор (рис. 3.2) з вбудованим в його штоком 6 гідромеханічним пристроєм, що містить незалежний керуючий клапан 5 і обхідний канал 4 з регулюючими демпфуючими властивостями амортизатора в автоматичному режимі, в залежності від частоти і амплітуд з якими переміщується шток амортизатора.

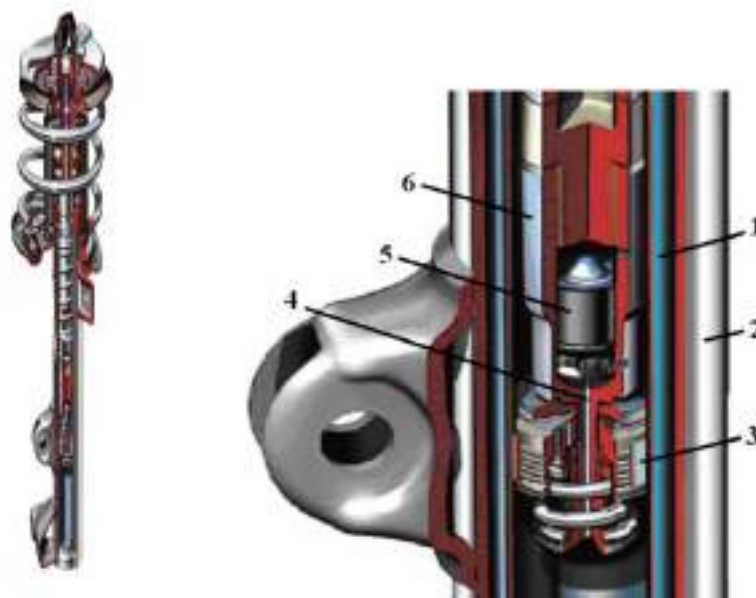


Рисунок 3.2 – Регульований амортизатор підвіски «Agility Control»:

1 – робочий циліндр; 2 – зовнішній резервуар; 3 – поршень; 4 – обхідний канал; 5 – керуючий клапан; 6 – шток.

Коли настає момент, що частота коливань штока амортизатора низька (або низька амплітуда коливань) (рисунок 3.3, а), то керуючий клапан відкриває обхідний канал для вільного проходження амортизаторної рідини, зменшуючи силу опору амортизатора, що сприяє підвищенню плавності ходу автомобіля без шкоди для керування, зниження шуму в салоні та вібрацій шин.

Якщо частота коливань штока амортизатора збільшується (або при великій амплітуді коливань) (рисунок 3.3 б), наприклад, при різкому гальмуванні, русі по нерівних дорогах, або зміні траєкторії руху автомобіля,

										Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ					

керуючий клапан переміщується в крайнє положення, тим самим припиняючи проходження амортизаторної рідини через обхідний канал.

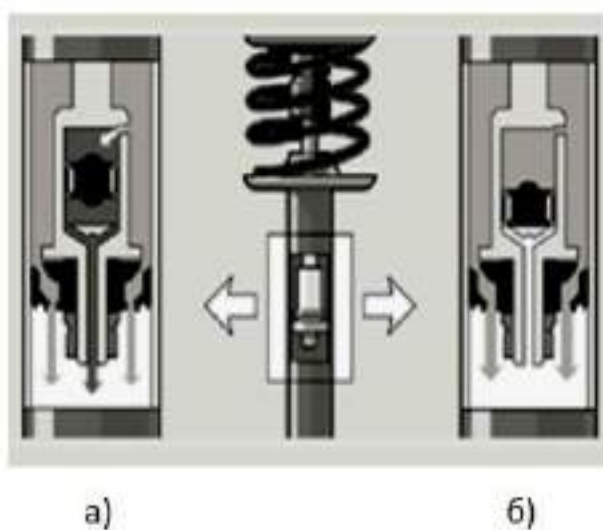


Рисунок 3.3 – Схема роботи гідромеханічного пристрою амортизатора.

В цьому випадку, сила опору амортизатора досягає максимального розрахункового значення, забезпечуючи автомобілю підвищену стійкість. При цьому максимальні кути нахилу кузова, при русі автомобіля на поворотах з найбільшою допустимою швидкістю, знижуються приблизно на 10 % порівняно з автомобілем з нерегульованими амортизаторами [17].

3.4 Підвіска «PASM».

Аналогічна за функціональним призначенням адаптивна система PASM (Porsche Active Suspension Management, активне керування підвіскою) але складніша за конструкцією ніж «Agility Control», – встановлюється на автомобілі Porsche [17]. Це електронна система керування демпфуючими властивостями амортизаторів в залежності від дорожніх умов та стилю водіння автомобіля.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Регулювання амортизаторів здійснюється автоматично, в межах певного діапазону, в одному з трьох режимів (Normal, Comfort або Sport), що задаються водієм. У режимі «Comfort» амортизатори налаштовуються на забезпечення найбільшої комфортабельності при русі автомобіля. У режимі «Sport» – досягається найкраща стійкість та керованість автомобіля, а в режимі «Normal», що частково перекриває режими «Comfort» та «Sport», – досягається достатня комфортабельність, але дещо з гіршою стійкістю.

Датчики реєструють не тільки вертикальні прискорення коліс і кузова автомобіля, але й кути повороту кермового колеса, поперечні прискорення кузова, тиск у гальмівній системі та крутний момент двигуна.

Електронний блок керування автоматично визначає найбільш раціональний режим руху та протягом кількох мілісекунд змінює ступінь демпфування кожного амортизатора на найбільш ефективний, відповідно до заданої програми. Наприклад, якщо водій увімкнув режим «Sport», але дорожні умови погіршилися, то для кращого контакту коліс з поверхнею дороги система «PASM» миттєво і автоматично, в межах діапазону вибраного режиму, змінює налаштування амортизаторів у бік меншої жорсткості, тим самим забезпечуючи безпеку руху. При подальшому покращенні дорожніх умов система автоматично повертається до значень початкової характеристики роботи підвіски.

Регулювання демпуючих властивостей відбувається наступним шляхом. У шток однотрубного амортизатора (рисунок 3.4) вбудовано електромагнітний клапан (виконавчий пристрій) що керує заслінкою, яка частково або повністю відкриває або взагалі перекриває обхідний канал (рисунок 3.5) для вільного проходження амортизаторної рідини.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62



Рисунок 3.4 – Регульований амортизатор підвіски «PASM»

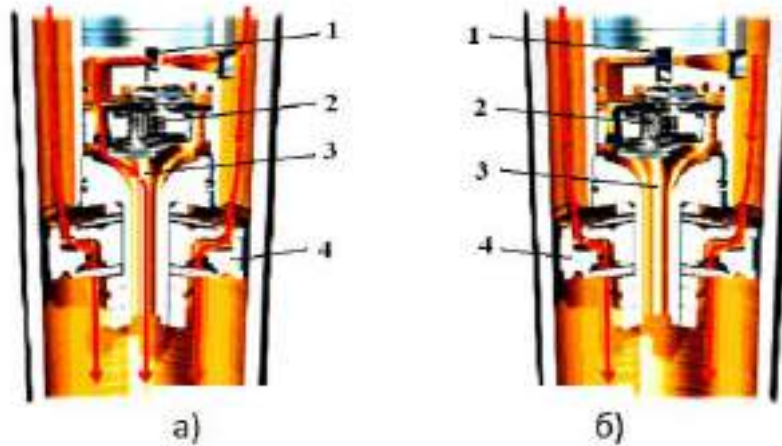


Рисунок 3.5 – Схема роботи виконавчого пристрою амортизатора:
1 – заслінка; 2 – електромагнітний клапан; 3 – обхідний канал; 4 – поршень

В той час коли електромагнітний клапан відкриває обхідний канал (рис.3.5, а), сила опору амортизатора знижується і його демпфуючі властивості знижуються, таким чином сприяючи поліпшенню комфортабельності автомобіля. У випадку коли електромагнітний клапан повністю або частково перекриває обхідний канал (рисунок 3.5, б), тим самим повністю припиняючи або зменшуючи проходження амортизаторної рідини через нього, сила опору амортизатора підвищується і його демпфуючі

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ				

властивості зростають, що сприяє поліпшенню і підвищенню стійкості автомобіля.

3.5 Підвіски з амортизаторами, що мають пневматичне та електронне регулювання демпфуючих властивостей.

Найбільший ефект встановлення на автомобіль адаптивної підвіски досягається тоді, коли її конструкція поєднує регульовані амортизатори та пневматичні елементи з єдиним звичайним (пневматичним) або електронним керуванням, інтегрованим у бортовий комп'ютер автомобіля. Це дозволяє не тільки змінювати рівень кузова (рами) або дорожній проясвіт автомобіля щодо поверхні дороги та жорсткість підвіски, але й забезпечує задані характеристики пружності підвіски, причому для кожного колеса.

Така підвіска реалізує найбільш раціональне поєднання комфортабельності автомобіля з його стійкістю та керуваністю.

3.6 Гідравлічна система «Active Body Control».

Гідравлічна система «Active Body Control» (рис. 3.6) встановлюється на автомобілі Mercedes-Benz з 1999 р. і стала однією з перших систем у світовому автомобілебудуванні, що керується мікропроцесором. В даний час встановлюється на моделі CL-класу та моделі S 500 і 600.

За конструкцією система відрізняється від гідропневматичної підвіски Hydractiv, але має практично такі ж переваги. Її основні гідравлічні та електронні компоненти показані на рисунках 3.7 та 3.8.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Основними елементами підвіски в цій системі є спеціальні стійкі амортизатори (рис. 3.7 і 3.8), що містять звичайну пружину і двотрубний амортизатор з газовим підпором (або однотрубний гідропневматичний амортизатор), і опорні регульовані гідроциліндри, розташовані зверху пружин. Плунжер (поршень) 7 гідроциліндра (див. рис. 3.9) впливає на пружину 2. Він переміщається тиском гідравлічної рідини від радіально-поршневого насоса (рисунок 3.10) та двох гідроаккумуляторів.

Насос обладнаний вбудованим демпфером пульсацій для поглинання коливань тиску у гідравлічній системі. З боку колеса пружина спирається на чашку (диск) 6, яка закріплена на корпусі амортизатора 5, а з боку кузова автомобіля - на плунжер 7 гідроциліндра.

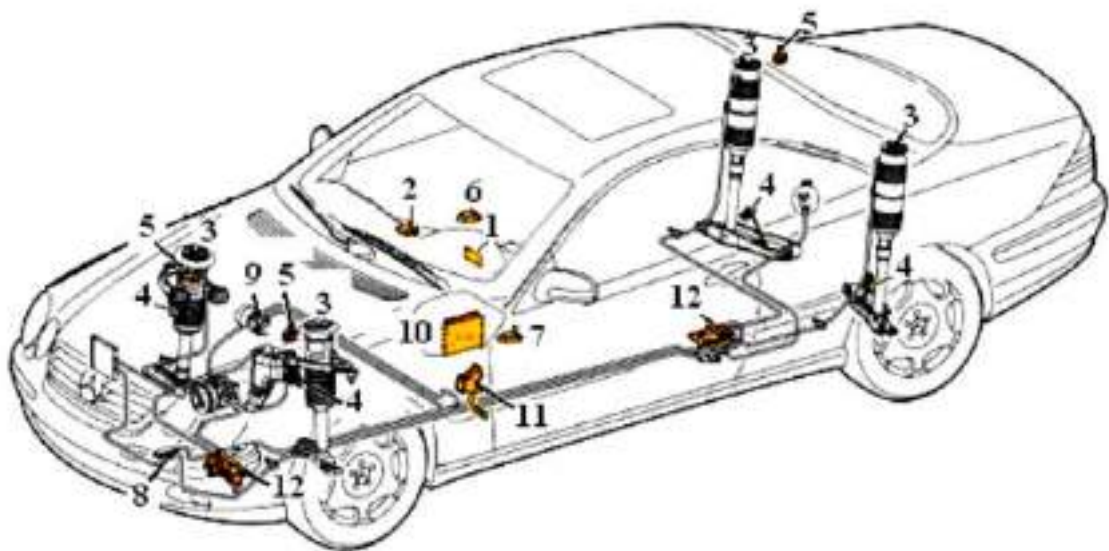
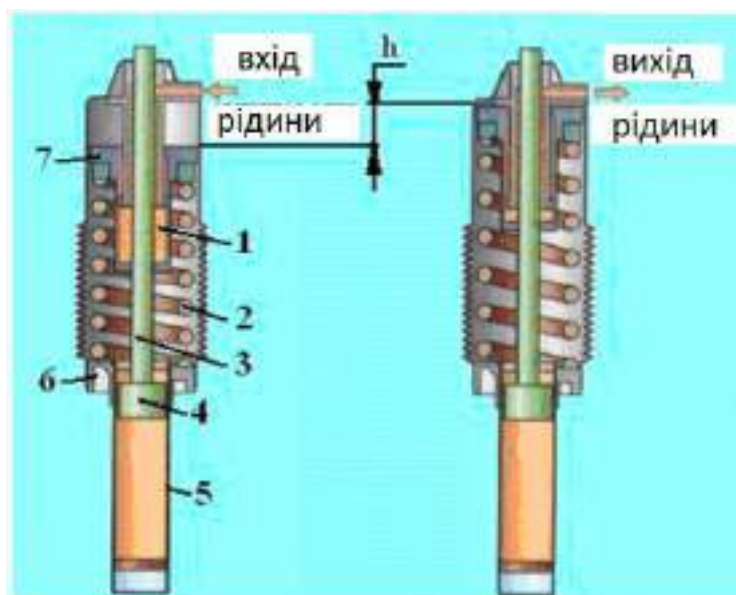


Рисунок 3.8 – Електронні компоненти системи Active Body Control [17]:
 1 – дисплей; 2 – клавіші регулювання рівня кузова та перемикач режимів Comfort або Sport; 3 – датчик переміщення плунжера гідроциліндра; 4 – датчик рівня кузова; 5 – датчик вертикальних прискорень кузова; 6 – датчик поздовжніх прискорень кузова; 7 – датчик бічних прискорень кузова; 8 – датчик температури рідини у гідроприводі; 9 – датчик тиску в гідроприводі; 10 – електронний блок керування; 11 – кнопка включення «стоп-сигналу»; 12 – блоки клапанів передньої та задньої осей.

										Арк.
										66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ					



а) б)

Рисунок 3.9 – Схема роботи амортизаторної стійки системи Active Body Control:

а – режим «Sport», пружина навантажена плунжером; б – режим «Comfort», пружина розвантажена:

1 – гідроциліндр; 2 – пружина; 3 – шток амортизатора; 4 – поршень амортизатора; 5 – корпус амортизатора; 6 – чашка пружини; 7 – плунжер (поршень) гідро циліндра.

Водій може вибрати один із двох режимів роботи підвіски: "Comfort" або "Sport".

При наростанні тиску в гідроциліндрі системи Active Body Control плунжер стискає пружину до певної межі (рис. 3.9 а), і її жорсткість збільшується, а хід зменшується (режим «Sport»). При зниженні тиску в гідроциліндрі пружина повертається в номінальне положення (див. малюнок 3.9 б), і її жорсткість знижується, а хід збільшується (режим «Comfort»).

										Арк.
										67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Керування підвіскою здійснюється електронним блоком управління, об'єднаним із гідроприводом високого тиску (тиск до 20 МПа). Він отримує вхідні сигнали від 15 датчиків та генерує сигнали, що необхідні для керування елементами гідравлічного приводу.

Рівень кузова автомобіля автоматично регулюється залежно від його поточної швидкості. При збільшенні швидкості автомобіля до певної величини кузов знижується на 10 мм, що покращує аеродинаміку автомобіля, а при зниженні повертається на номінальний рівень. Для руху по нерівним дорогам водій клавішею керування може встановити підвищений на 10 мм рівень кузова.

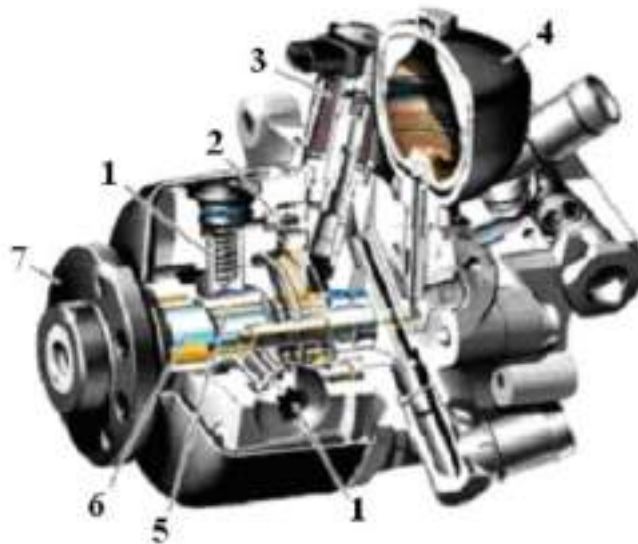


Рисунок 3.10 – Радіально-поршневий насос:

- 1 – радіальний поршень (7 поршнів, які у формі зірки); 2 – зворотний клапан;
 3 – всмоктуючий клапан-обмежувач; 4 – демпфер пульсацій; 5 – кулачок;
 6 – приводний вал; 7 – фланець приводу для ремінного шківа

Система «Active Body Control» обмежує частоту коливань кузова забезпечуючи хорошу плавність ходу.

Така система дозволяє відмовитися від стабілізаторів поперечної стійкості, що пов'язано з її швидкодією та ефективністю, а зміна жорсткості пружних елементів дає можливість суттєво обмежувати крен кузова,

										ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
											68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

«клювання» при гальмуванні та опускання задньої частини при прискоренні (на 60 % ефективніше, ніж у моделі W220), що позитивно впливає на стійкість та керуваність автомобіля.

Гідравлічний привід системи Active Body Control працює паралельно із пружиною та звичайним амортизатором, тому при виході з ладу цієї системи зберігається можливість руху автомобіля. Система «Active Body Control» має ресурс щонайменше 400...500 тис. км пробігу.

3.7 Адаптивна пневматична підвіска «Airmatic Dual Control».

В адаптивній пневматичній підвісці «Airmatic Dual Control» з системою регулювання демпфуючих властивостей амортизаторів ADS II (Adaptive Damping System) останньої версії (автомобіль Mercedes-Benz M-класу) у передній підвісці на подвійних поперечних важелях встановлені амортизатори (рис. 3.11 та 3.12).

Пневматичні стійки передньої підвіски включають відкриті пневматичні ресори 1 з вбудованими однотрубними амортизаторами 12 з електронною системою керування CDC (рисунок 3.13). Верхні поперечні важелі 5 виготовлені з кованиго алюмінію, а нижні важелі 8 і поворотні кулаки 6 з чавуну з кулястим графітом. Чотири гумові опори переднього підрамника 10, ізолюючі кузов, захищають його від вібрацій і покращують комфортабельність автомобіля. Активний стабілізатор 9 поперечної стійкості кріпиться довилки пневматичної стійки за допомогою стійки кріплення.

Складові частини задньої осі також встановлені на підрамнику, який прикріплений до кузова на двох гумових та двох гідравлічних опорах (подушках). Підвіска задніх коліс – багато важільна (чотири важелі) з активним стабілізатором поперечної стійкості. Нижній важіль з широко рознесеними опорами кріплення до підрамника виготовлений із чавуну із кулястим графітом.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69



Рисунок 3.11 – Передня вісь підвіски «Airmatic Dual Control»:
 1 – пневмостійка; 2 – верхній важіль; 3 – поворотний кулак; 4 – стійка кріплення стабілізатора; 5 – нижній важіль; 6 – енергоакумулятор; 7 – активний стабілізатор поперечної стійкості; 8 - підрамник

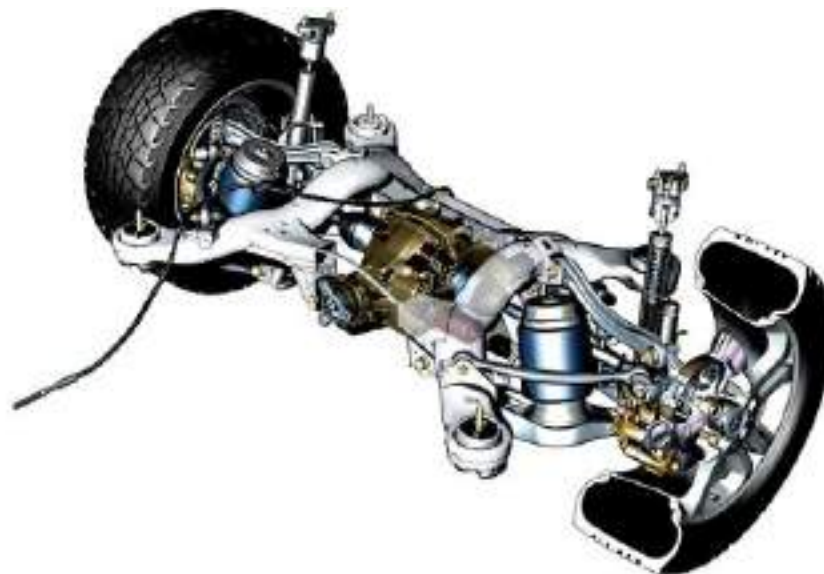


Рисунок 3.12 – Задня вісь підвіски «Airmatic Dual Control».

Пневматичні ресори в автоматичному режимі забезпечують підтримку дорожнього просвіту незалежно від завантаження автомобіля та його швидкості руху, або в ручному режимі, у разі потреби.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Електронний блок керування, використовуючи інформацію від датчиків, вибирає найбільш ефективний режим роботи підвіски для конкретного стану дорожнього покриття, завантаження автомобіля, також стилю водіння та самостійно вибирає величину дорожнього просвіту, орієнтуючись на реальні умови експлуатації.

Максимальний дорожній просвіт автомобіля Mercedes-Benz М-класу у поза шляховому виконанні становить 291 мм, що на 80 мм вище від номінального. Розмір дорожнього просвіту може регулюватися на стоянці чи процесі руху.

Для зниження аеродинамічного опору та покращення стійкості руху автомобіля дорожній просвіт на обох осях автомобіля у дорожньому виконанні автоматично знижується на 15 мм при швидкості руху понад 140 км/год. У разі зниження швидкості до 40 км/год дорожній просвіт встановлюється на номінальному рівні.

Демпфуючі властивості кожного амортизатора регулюються в автоматичному режимі (протягом не більше 0,05 секунди) системою «ADS II» з електронним керуванням.

В електронний блок управління закладено чотири різні матриці демпфування [4]:

- "комфортабельна (м'яка) підвіска" - низькі зусилля опору при ходах стиснення та відбою;
- «Skyhook I» режим – низькі зусилля опору при ходах відбою та високі – при ходах стиснення;
- «Skyhook II» режим – низькі зусилля опору при ходах стиснення та високі – при ходах відбою;
- "жорстка підвіска" - високі зусилля опору при ходах відбою та стиску.

Так званий алгоритм «Skyhook» забезпечує регулювання демпфуючих сил кожного амортизатора в залежності від кузова автомобіля та

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРАТ 24.21144.000. ПЗ				

вертикальних прискорень колеса таким чином, ніби кузов автомобіля підвішений у повітрі і «пливе» над поверхнею дороги, практично не повторюючи її нерівностей, тобто з ухилом на комфортність руху.

Перехід від однієї матриці демпфування до іншої відбувається автоматично в будь-якому з трьох вибраних водієм режимів роботи підвіски: "Авто", "Comfort" або "Sport". Управління системою в ручному режимі здійснюється регулятором, розташованим на центральній консолі панелі керування.

Коли коливання кузова малі, система працює за матрицею «комфортабельна підвіска». Якщо значення прискорень кузова перевищують певний рівень, система переходить на матриці «Skyhook» для варіювання демпфуючих властивостей амортизаторів з метою компенсації поперечного і поздовжнього розгойдування кузова автомобіля. Для протидії кренам кузова при поворотах на високій швидкості та «клюванню» при різких гальмуваннях та зниження навантажень на колеса, система працює по матриці «жорстка підвіска».

На основі отриманої від датчиків інформації електронний блок керування розраховує найбільш ефективні сили демпфування та вибирає відповідні характеристики для амортизаторів.

3.8 Адаптивна підвіска з додатковим клапаном.

Розглянемо розроблений регульований амортизатор (рис. 3.14), характеристики якого можна змінювати в залежності від стану дорожнього покриття. Прототипом конструкції був амортизатор фірми «Orel» з електромагнітним клапаном встановленим збоку в нижній частині амортизатора і всередині самого поршня і як тільки підвіска починає вібрувати з більшою частотою роблячи амортизатор м'якше.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Основні елементи такого амортизатора: гідроциліндр 1, поршень 4, шток 2, клапан стиснення 3, клапан відбою 5 і регульований клапан 11. Клапан 11 встановлений у додатковому корпусі 9, герметично з'єднаним з гідроциліндром 1 амортизатора і має два вихідних канали 10 і 12 та нерухому і рухливу мембрану, в яких є по два отвори. За допомогою повороту рухомої мембрани, з'єднаної зі штоком 8, в ту чи іншу сторону встановлюється одне з кількох значень прохідного перерізу клапана 11. Варіюванням пропускної здатності клапана 11 забезпечується зміна характеристики опору амортизатора відповідно до заданої програми.

Регульований амортизатор (рис. 3.14) працює наступним чином.

При наїзді автомобіля на нерівності дороги виникають поштовхи, що передаються на кузов і викликають його вертикальне розгойдування. При цьому шток 2 з поршнем 4 переміщається в ідро циліндр 1 і відбувається демпфування та гасіння коливань кузова в залежності від зусиль опору переміщення штока поршнем. Величина зусиль опору переміщенню штока з поршнем (зусилля стиснення або відбою) залежить від гідравлічного опору перетікання рідини 6 через клапани. При засуванні поршня 4 (хід стиснення) рідина 6 з поршневого простору ідро циліндр 1 частково перетікає через клапан стиснення 3 над поршневий простір. Крім того, рідина перетікає в ідро циліндр 1 через вихідний канал 12. При зовнішньому керуючому впливі на рухому мембрану клапана регулювання шляхом повороту штока 8 отвори в мембранах відкриваються і зменшується опір перетіканню рідини 6 через канал 10 і при цьому знижується зусилля стиснення амортизатора. При ході відбою (висуванні штока 2) рідина 6 перетікає через клапан відбою 5 і канал 10 над поршневого простору в під поршневе, створюючи при цьому зусилля опору відбою, яке також регулюється поворотом штока 8 крени при проходженні поворотів або нерівностей.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

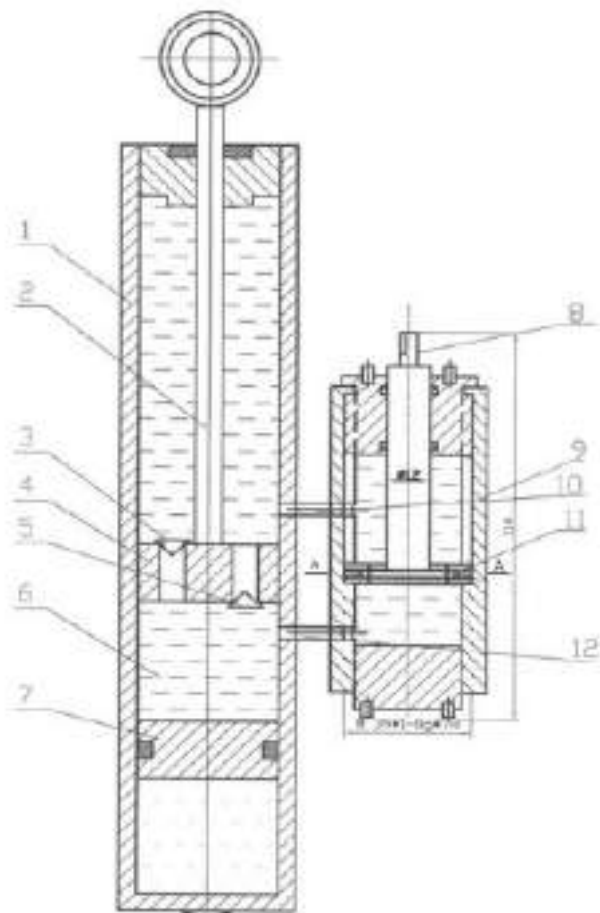


Рисунок 3.14 – Конструкція амортизатора з додатковим клапаном.

Робочі характеристики зусилля опору амортизатора швидкості переміщення штока при різному перекритті перепускних отворів керованого клапана визначали за допомогою імітаційного моделювання, (рис. 3.15).

Всі необхідні параметри підвіски автомобіля (жорсткість пружин і шин, значення підресорених та безпружинних мас) були закладені в комп'ютерну програму, що моделює роботу підвіски. Задано також "тестовий" мікропрофіль дороги, що відображає типовий її стан.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

3.9 Приклади адаптивних підвісок у конструкціях сучасних автомобілів.

В сучасному автомобілебудування адаптивні підвіски використовуються багатьма автовиробниками [17] і, також, встановлюються власниками автомобілів за власним бажанням та потребою. Крім конструкцій адаптивних підвісок, розглянутих вище, необхідно згадати системи, що встановлюються на серійні автомобілі автомобільних концернів:

1. «Mercedes-Benz»: гідравлічна система ABC (Active Body Control) – активного управління положенням кузова, пневматична підвіска «Airmatik Dual Control» із системою ADS II (Adaptive Damping System) – адаптивного демпфування, що регулює демпфуючі властивості амортизаторів.

2. «BMW»: адаптивна підвіска «Adaptive Drive», до якої належать системи зниження кренів кузова автомобіля Dynamic Drive (активні стабілізатори поперечної стійкості) та регулювання демпфуючих властивостей амортизаторів «EDC» (Electronic Damper Control).

Система «EDC» має три режими роботи (Normal, Comfort або Sport) та автоматично регулює демпфуючі властивості амортизаторів, за рахунок зміни прохідного перерізу клапанів.

У системі «Dynamic Drive2 (рисунк 3.16) у розріз звичайного стабілізатора поперечної стійкості встановлений швидкодіючий та потужний гідромотор. Якщо рух автомобіля прямолінійний, то гідромотор не вмикається і стабілізатор не працює. При русі на поворотах датчики поперечних прискорень посилають сигнали на електронний блок управління і гідромотор вмикається та закручує ліву і праву частини стабілізатора. Чим крутіший поворот, тим більший сигнал і, відповідно, сильніше гідропривід закручує частини стабілізатора. В результаті такої дії зменшуються крени кузова.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

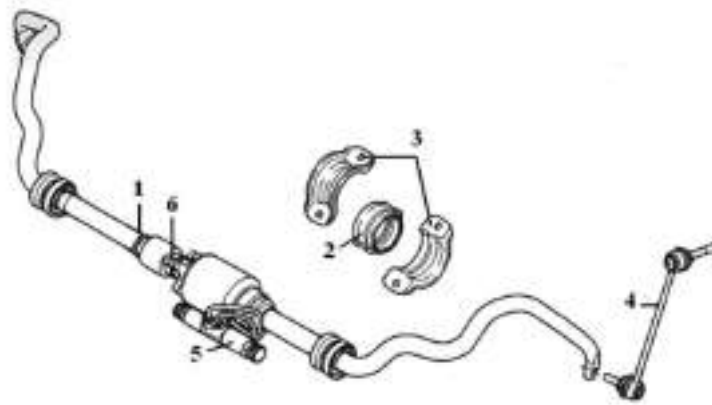


Рисунок 3.16 – Активний стабілізатор

1 – стабілізатор; 2 – гумометалевий шарнір стабілізатора; 3 - утримуюча скоба стабілізатора; 4 – стійка кріплення; 5 – пружинний енергоакумулятор; 6 – клапан скидання.

3. «Porsche»: система «PDCC» (Porsche Dynamic Chassis Control), що керує гідроприводами стабілізаторів поперечної стійкості і забезпечує мінімальні крени кузова, на додаток до системи активного керування підвіскою «PASM» .

4. «Nissan»: система «HVMC» (Hydraulic Body Motion Control) – гідравлічного управління положенням кузова, що змінює характеристики амортизаторів з метою зменшення його кренів та система «CDC» (Continuous Damping Control) – призначена для безперервного керування властивостями амортизаторів.

5. «Toyota та Lexus»: адаптивна підвіска «AVS» (Adaptive Variable Suspension), що регулює демпфуючі властивості амортизаторів, що змінюються кожні 2,5 мілісекунди, пневматична підвіска «AHC» (Active Height Control), що забезпечує зміну кліренсу, та система «KDSS» (Kinetic Key) [14], що керує гідроприводами стабілізаторів поперечної стійкості та забезпечує мінімальні крени кузова.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

ВИСНОВКИ

1. З метою забезпечення наочності та зниження трудомісткості підбору характеристик підвіски MacPherson, розроблена твердотільна її модель, досліджено динамічні параметри цієї підвіски при наїзді на перешкоду.

Отримано графічні та аналітичні залежності, що дозволяють визначити динамічні характеристики кузова за різної жорсткості амортизатора.

2. Існує два шляхи управління активною підвіскою: 1) Аналіз дорожньої ситуації на певній дистанції від автомобіля (ультразвукові, радарні та лазерні датчики); 2) Режим онлайн, тобто реєстрація поточної вібрації кузова автомобіля (датчики прискорення чи акселерометри). Доцільно вибрати другий шлях як простіший.

3. Конструкція амортизатора автомобіля з можливістю регулювання його опору є компромісом між комфортом та безпекою (керованістю) автомобіля. Регулювання може здійснюватись автоматично без участі водія. в залежності від навантаження на вісь автомобіля, від швидкості його руху, від дорожніх умов, від температури навколишнього повітря та самого амортизатора або від усіх умов разом. У такому випадку автомобіль оснащують відповідними датчиками та блоком управління, що подає команди на виконавчі пристрої.

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі: робочі процеси та основи розрахунку : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло.— Вінниця: ВНТУ, 2013. –283 с. ISBN 978-966-641-515-1
2. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання ; Введ. 28.12.10. – К. : Держспоживстандарт України, 2011. – 32 с.
3. Кашканов А. А. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція : навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 164 с.
4. Теорія руху автомобіля : підручник / В.П. Волков, Г.Б. Вільський. – Суми: Університетська книга, 2015. – 320 с. ISBN 978-966-680-541-9
5. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник / В. Ф. Кисликов, В. В Лущик. – 6-те вид. – К.: Либідь, 2006. – 400 с.
6. Підвіска автомобіля: методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Конструкції автомобілів” для студентів спеціальності 7.090258 “Автомобілі та автомобільне господарство”/ Укл. П. М. Гащук, Т. Г. Миськів, Р. В. Зінько.— Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2004.— 28 с.
7. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil27-pryznachennja-budova-i-vydy-pidvisok-avtomobilja>
8. Nazarov A. The implementation of adaptive algorithms to optimize the dynamic system / A. Nazarov, O. Gavva, // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, 8/2015. – с. 48 – 52.
9. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://allparts.prom.ua/ua/a88364-diagnostics-amortizatorov-osnovnye.html>

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

10. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://liga-opel.km.ua/diagnostika-amortizatoriv-eusama/>

11. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://prom.servicems.com.ua/ua/p1014155176-ms201-stend-dlya.html>

12. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://garage-it.com.ua/katalog/tormoznye-stendy/aksessuary-tormoznye-stendy-space/stend-proverki-amortizatorov-apf110--bez-modulya-upravleniya>

13. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://autom.com.ua/stend-proverki-amortizatorov-msd-3000-euro-maha-germaniya>

14. Makowski Michał, Reński Andrzej, Pokorski Janusz: Analiza możliwość zastosowania różnych rodzajów sterowanych amortyzatorów w pojazdach samochodowych, Zeszyty Naukowe Instytutu Pojazdów, Instytut Pojazdów Politechniki Warszawskiej, no. 4/2014, 2014, pp. 5-24

15. Arbeláez-Toro JJ., Rodriguez-Ledesma CM., Hincapié-Zuluaga DA., Torres-Lopez EA.: Adherence Evaluation of a MacPherson Suspension under EuSAMA Norm in a Mathematical Model and one Multibody. TecnoLógicas. 2013, 757–768, DOI: 10.22430/22565337.344.

16. Электронный ресурс. Режим доступа: https://fiat-panda.infocar.ua/panda_id112.html

17. JORDI, Bastien E.; COTTER, Colin J.; SHERWIN, Spencer J. An adaptive selective frequency damping method. Physics of Fluids, 2015, 27.9. p. 1-21.

18. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://hipavto.com.ua/ua/amortizatoryi--top-9-amortizatorov-2021-goda-v-ukraine/>

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

ДОДАТОК

					ДРАТ 24.21144.000. ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82



Модернізація амортизаторів передньої підвіски автомобілів особливо малого класу

Виконав ст. гр. АТс-21-2:

Пакулько Максим Михайлович

Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ:

Посонський Сергій Феліксович

В умовах постійного розширення автомобільного парку України та невисоких доходів середнього українця широкого розповсюдження серед населення набули компактні, малолітражні автомобілі малого класу.

Особливістю таких автомобілів є те, що вони спроектовані для пересування по якісним дорожнім покриттям, що є певною проблемою на території України. Таким чином, в більшості випадків, першою виодить з ладу підвіска автомобілів.



Підвіска, будучи проміжною ланкою між кузовом автомобіля та дорогою, повинна бути легкою та поряд з високою комфортабельністю забезпечувати максимальну безпеку руху. Для цього необхідні точна кінематика коліс, легкість повороту коліс, що управляються, а також ізоляція кузова від дорожніх шумів і жорсткого кочення радіальних шин. Крім того, треба враховувати, що підвіска передає на кузов сили, що виникають у контакті колеса з дорогою, тому вона має бути міцною та довговічною.

Метою роботи є модернізація підвіски автомобіля особливо малого класу за рахунок встановлення адаптивних амортизаторів.

Завдання роботи:

- 1. Аналіз конструкцій і умов роботи підвіски автомобілів особливо малого класу.**
- 2. Визначення залежності між пружними та динамічними параметрами підвіски MacPherson передньопривідних автомобілів з урахуванням умов експлуатації.**
- 3. Можливість застосування адаптивної підвіски для автомобілів особливо малого класу.**

Класифікація автомобілів за класами

Літерне позначення класу	Європейська назва	Опис	Довжина, мм	Ширина, мм	приклад
A	Mini cars	Особливо малий клас	До 3600	До 1600	Ford Ka, Citroen C1, Opel Adam, Toyota iQ, Suzuki Splash
B	Small cars	Малий клас	3600–3900	1500–1700	Nissan Micra, Volkswagen Polo, Skoda Fabia, Seat Ibiza
C	Medium cars	Малий середній клас	3900–4300	1600–1700	Volkswagen Golf, Ford Focus, Audi A3
D	Larger cars	Середній клас	4300–4600	1690–1730	Ford Mondeo, Toyota Avensis, Hyundai Sonata, Volkswagen Passat, Audi A4
E	Executive cars	Висхідний середній клас / бізнес-клас	4600–4900	1730–1820	Volvo S80, Audi A6, BMW 5, Mercedes-Benz E-класу, Lexus ES
F	Luxury cars	Люкс клас / представницький клас	Понад 4900	Понад 1820	Mercedes-Benz S-класу, BMW 7-й серії, Audi A8, Lexus LS
S	Sport Coupes	Спортивні автомобілі, купе, кабриолети	-	-	Mercedes-Benz AMG GT, Hyundai Coupe, Subaru BRZ, Audi A5, A8, TT, BMW M4
M	Multi purpose cars	Мінівен (MPV), компактнець, універсали підвищеної місткості.	-	-	Ford Galaxy, Hyundai H-1, Fiat Doblo, Volkswagen Caravelle
J	Sports Utility	Кросовери підвищеної прохідності (позашляховик, SUV)	-	-	Jeep Liberty, Toyota RAV4, Honda CR-V, BMW X5, Volkswagen Touareg, Range Rover, Cadillac Escalade, Toyota Land Cruiser, SsangYong Rexton, Chevrolet Suburban

Клас А



Клас В



Клас С



Клас J



Клас Е



Клас D



Клас S



Клас F

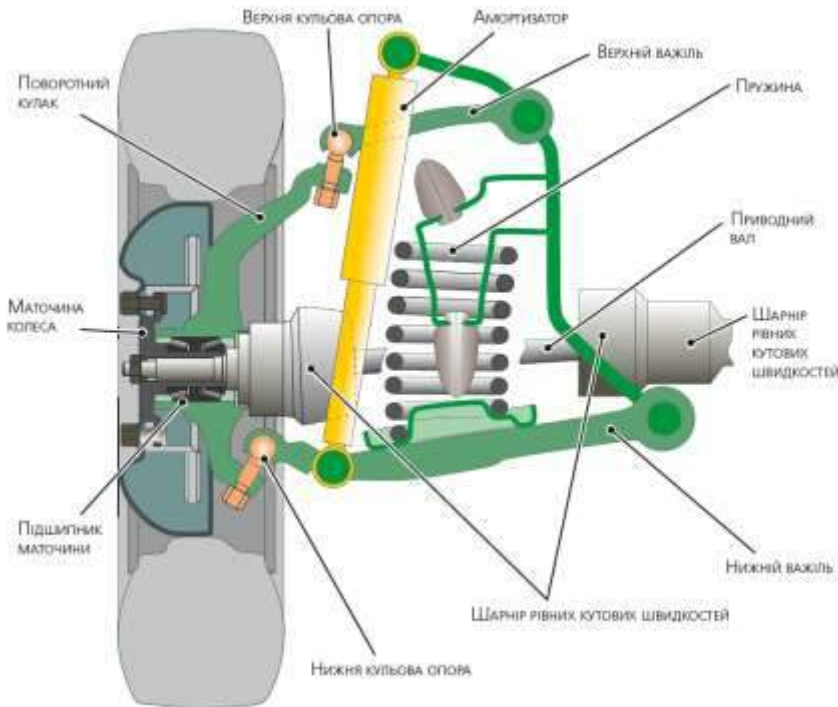


Клас М



Конструкції підвіски автомобілів класу А.

Підвіски на подвійних поперечних важелях



Переваги: - її кінематичні якості: взаємним положенням важелів можна визначити висоту як центру поперечного крену, так і подовжного центру крену.

Недоліки: такої конструкції є те, що при гальмуванні на нижній важіль діє велика горизонтальна сила, різна довжина важелів створює зміну розвалу колеса та зміну колій.

Підвіска на направляючих пружинних стійках, або підвіска Макферсон



Переваги: всі деталі можуть бути об'єднані в одну монтажну одиницю. Менші зусилля у точках кріплення до кузова за рахунок великої відстані між ними; великі ходи підвіски; скасування трьох опорних точок.

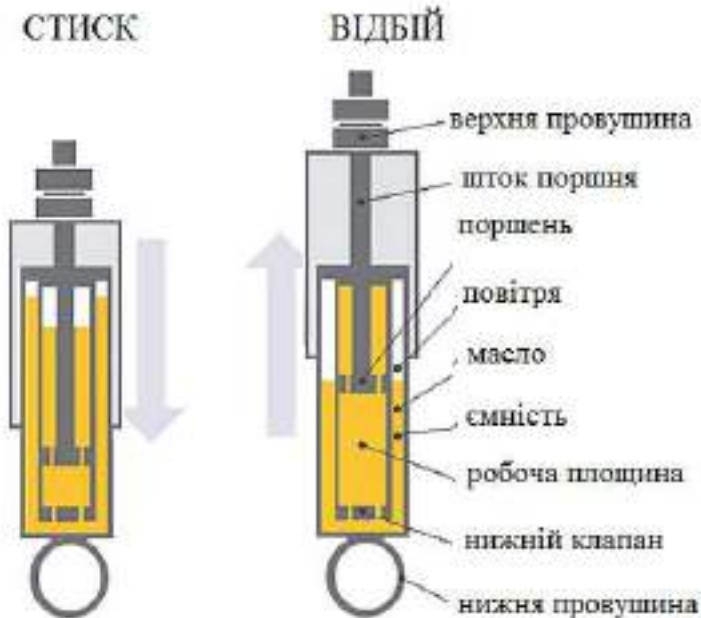
Недоліки: несприятливі кінематичні властивості; сприйняття зусиль і коливань передньою частиною кузова; утруднена ізоляція від дорожніх шумів; тертя між штоком да його напрямною.

Амортизатори передніх підвісок

Головне завдання амортизатора – утримувати колесо в постійному контакті з дорогою при прискоренні автомобіля, його гальмуванні та зміні напрямку руху

Двотрубний масляний амортизатор.

Масляні амортизатори вважаються м'якими і комфортними. Вони ідеальні для "марафонів" - спокійної подорожі на далекі відстані, але для активної міської їзди з постійними прискореннями-гальмуваннями вони не підходять, внаслідок схильності до швидкого та частішого закипання. Ще з плюсів: надійні та недорогі.



Газомасляний амортизатор.

Може бути однотрубним (з одного циліндра, розділеного на дві камери - у верхній масло, в нижній азот під високим тиском) або двотрубним - азот під невеликим тиском заповнює компенсаційну порожнину.

Вважаються золотою серединою: підходять і для швидкого міського трафіку, і для подорожей трасою, краще тримають автомобіль на вибоїнах або ґрунтовій дорозі. Дорожче за масляні в середньому на 15-20 %.



Методи і засоби діагностування амортизаторів та підвіски

Існує 4 основні методи діагностики амортизаторів, які можуть бути використані для оцінки їхнього стану:

- 1) Метод візуального огляду амортизатора;
- 2) Розгойдування автомобіля або «ручний» метод;
- 3) Аналіз поведінки ходового автомобіля під час їзди;
- 4) Діагностика амортизаторів на стенді.

Стенди для перевірки амортизаторів та підвіски



Стенд діагностики амортизаторів MS201

Більшість вібростендів працює за наступним принципом: автомобіль заганяється на спеціальну платформу і починається його розгойдування, в цей час, спеціальні датчики фіксують кути відхилення, далі йде порівняння зі стандартами конкретної моделі автомобіля. Далі на комп'ютер виводиться інформація про загальний стан підвіски. У ці комп'ютери завантажено базу даних про автомобілі різних виробників.



Стенд MSD 3000 для перевірки демпфуючих властивостей підвіски



Стенд APF 110 для перевірки демпфуючих властивостей підвіски.

Оцінка результатів вимірювань



Цифрове і графічне відтворення вимірювальних величин за EUROSYSTEM

Важлива інформація, заснована на прикладі несправного амортизатора

Відтворення результатів вимірювань з лівої і правої сторони для адекватної оцінки

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ MACPHERSON НА ПРИКЛАДІ АВТОМОБІЛЯ FIAT PANDA

Для вивчення впливу характеристик підвіски на коливання кузова автомобіля доцільно використання програмних комплексів твердотільного моделювання, що дозволяють з мінімальними матеріальними витратами провести в найкоротші терміни розрахунок параметрів пружних та демпфуючих елементів підвіски. Отримані результати дозволяють спростити вибір жорсткості пружин та амортизаторів.

Основними вихідними даними даного моделювання є зусилля на штоку амортизатора. Заводські параметри амортизатора автомобіля Fiat Panda 1.1i Fire наведено у таблицях

Заводські параметри жорсткості амортизатора

Зусилля опору, Н (при швидкості поршня м/с)

Стиснення		Розтягування	
Дросельний режим	Клапанний режим	Дросельний режим	Клапанний режим
94 (0,105)	153 (0,314) 487 при 1м/с	612 (0,105)	752 (0,314)

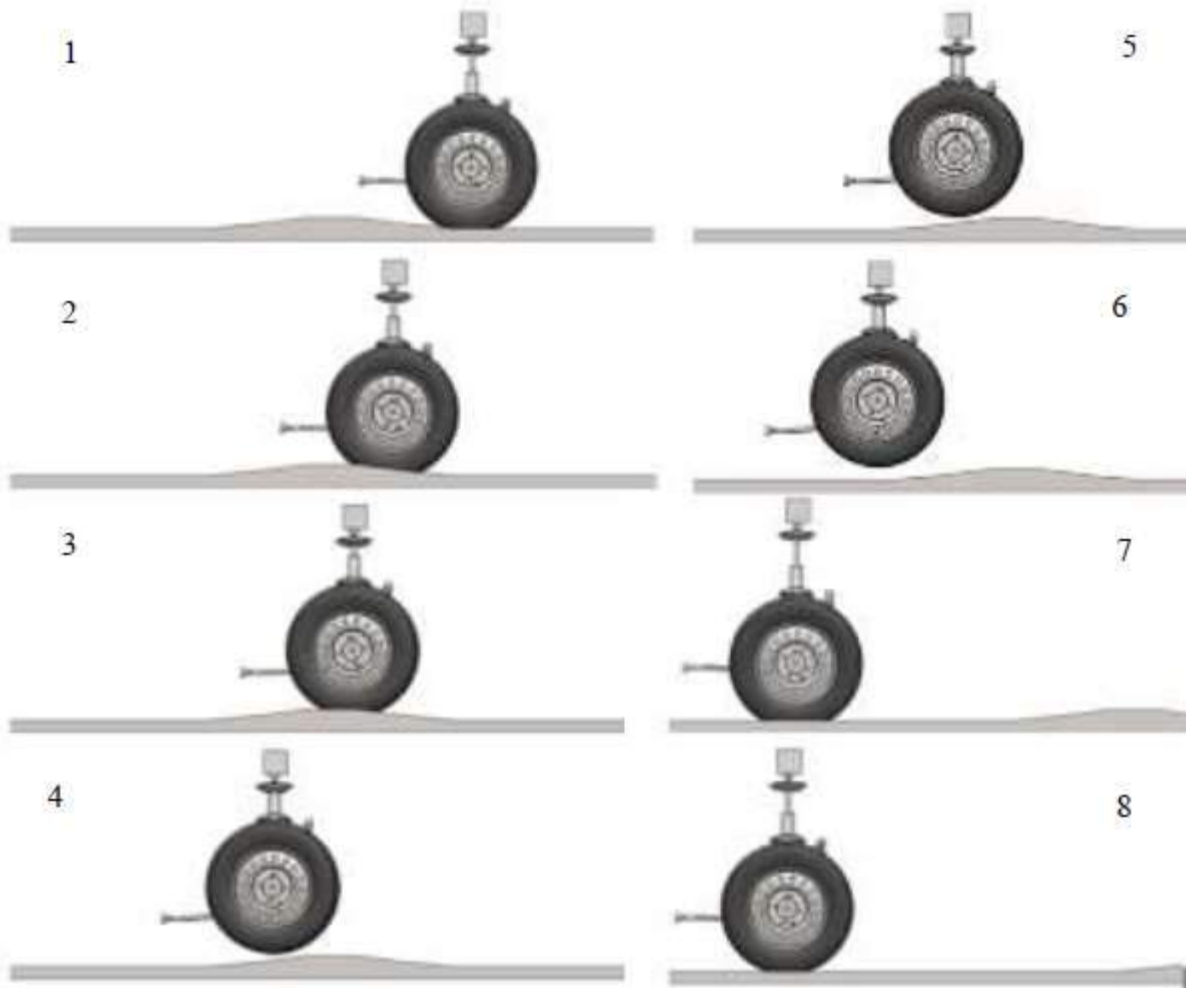


Характеристики пружини автомобілі Fiat Panda 1.1i Fire.

Параметр	Значення
Діаметр дроту до навивки, мм	12,9±0,05
Внутрішній діаметр пружини, мм	124,8±1,0
Товщина покриття мм	0,1±0,05
Повна кількість витків	7±0,05
Число робочих витків	5,5
Висота пружини у вільному стані, мм	383,5
Контрольне навантаження,	Н 3188±118
Висота пружини при контрольному навантаженні, мм	211
Жорсткість пружин, Н/м	18620±590

Виконана модель підвіски складається з основних елементів, таких як стійка амортизатора, поворотного кулака, гальмівного диска, важелів підвіски, важеля кермового управління, шарнірів та гвинта, яким фіксується гумометалевий шарнір. Вони зафіксовані між собою та імітують кузов автомобіля. До них буде додана сама вага автомобіля (на моделі представлений у формі куба вагою 3188 Н)

Візуальне відображення поведінки елементів підвіски



Взаємодія колеса з дорогою моделюється через параметр «контакт» що дозволяють моделювати взаємодію тел. Задаємо властивості контактуючих елементів:

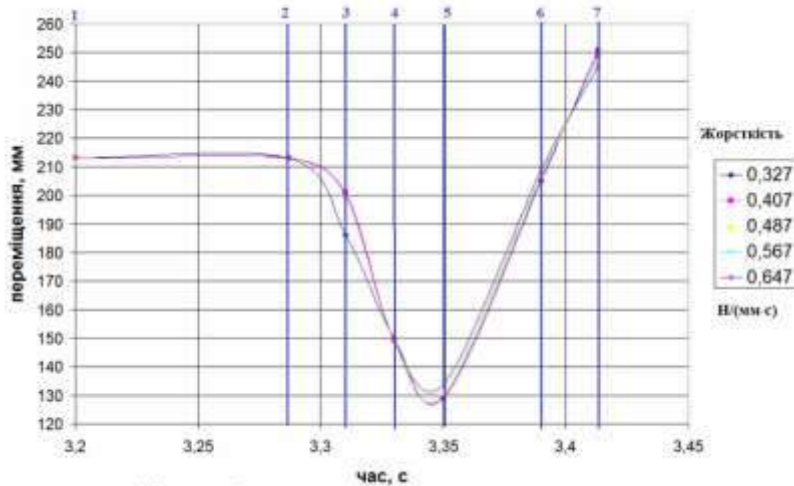
•- властивості пружності: $v_k = 10,16$ мм/с; $\mu_k = 0,8$;

•- статичне тертя: $v_s = 0,10$ мм/с; $\mu_s = 0,8$;

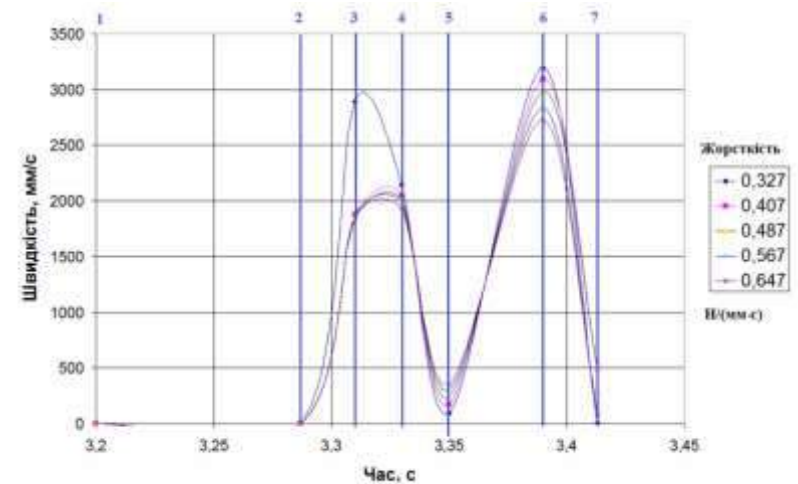
•- властивості пружності: жорсткість 8000 Н/мм; показник жорсткості 2; максимальне демпфування 1,47 Н/(мм/с); проникнення 0,10 мм.

№	Значення жорсткості амортизатора, Н/(мм/с)
1	0,327
2	0,407
3	0,487
4	0,567
5	0,647

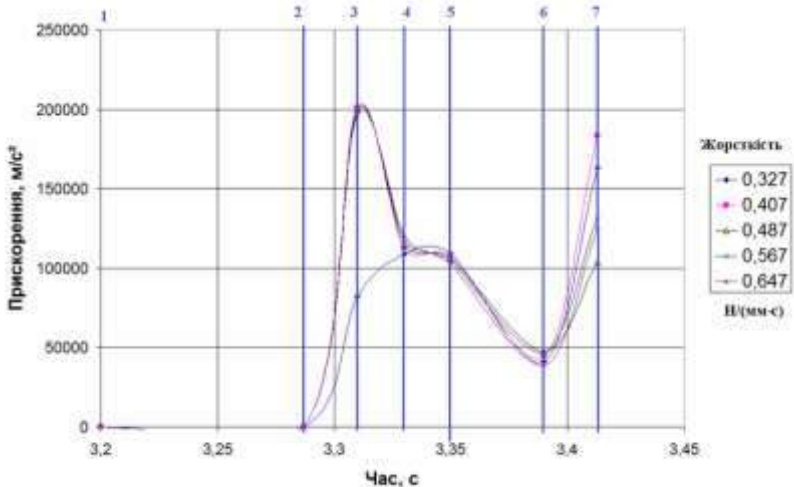
Результатом динамічного розрахунку підвіски є вплив жорсткості амортизатора на лінійне переміщення, швидкість та прискорення штока амортизатора щодо циліндра, а також кузова автомобіля щодо дорожнього покриття.



Графік переміщення циліндра амортизатора щодо штока.



Графік швидкості руху циліндра амортизатора щодо штока.

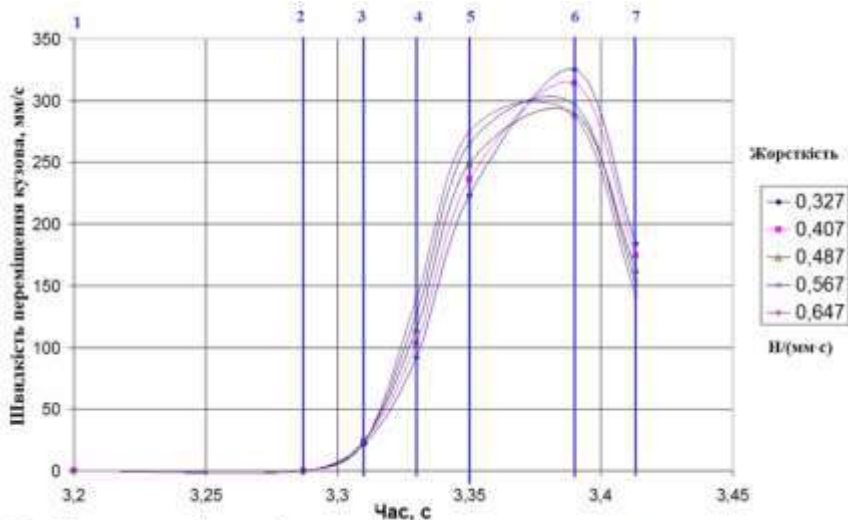


Графік прискорення штиля амортизатора щодо штока.

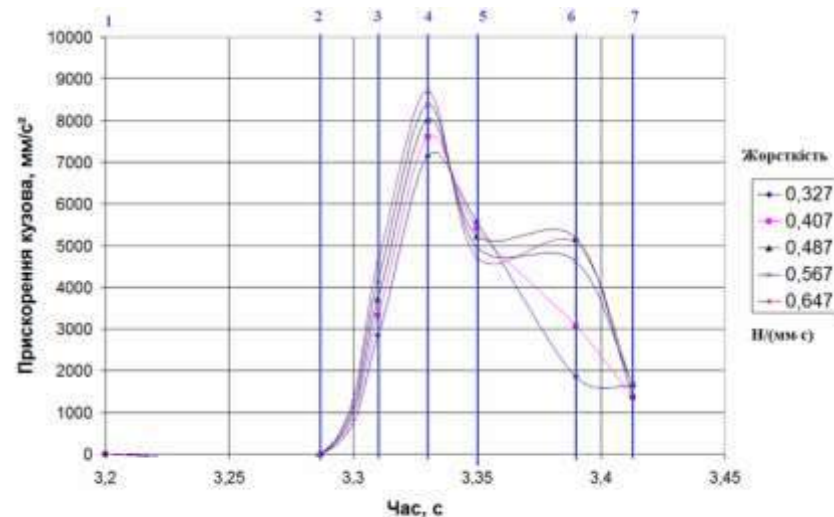
Ділянка 1-2 відповідає рівномірному руху автомобіля по рівній дорозі. У крапці 2 спостерігається наїзд на перешкоду, при цьому відбувається різке збільшення швидкості вертикального руху підвіски елементів.

Плавність додатково забезпечує шина автомобіля, пружно деформуючись під впливом ваги автомобіля. Крапка 3 відповідає найбільшій швидкості переміщення. Крапка 4 відповідає втраті контакту колеса з поверхнею дороги. Крапка 5 вказує на максимальну величину стиснення амортизатора після втрати контакту колеса з дорогою, у зв'язку з тим що безпружинні маси, завдяки інерції, продовжують рух вгору. Саме цей фрагмент безпосередньо залежить від сили на штоку амортизатора. Крапка 6 відповідає приземленню автомобіля на дорогу. Відрізок 6...7 демонструє роботу підвіски після зниження автомобіля, момент стиснення стійки амортизатора, наступний рух відбувається за синусоїдальним законом, з поступовим згасанням.

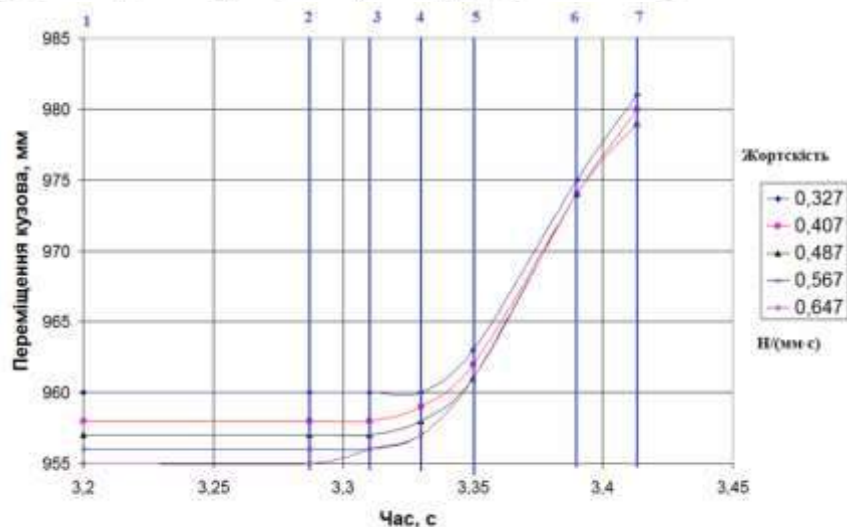
а також вплив жорсткості амортизатора на лінійне переміщення, швидкість та прискорення кузова автомобіля щодо дорожнього покриття.



Графік швидкості переміщення кузова щодо дорожнього покриття.



Графік прискорення кузова щодо дорожнього покриття.



Графік переміщення кузова щодо дорожнього покриття.

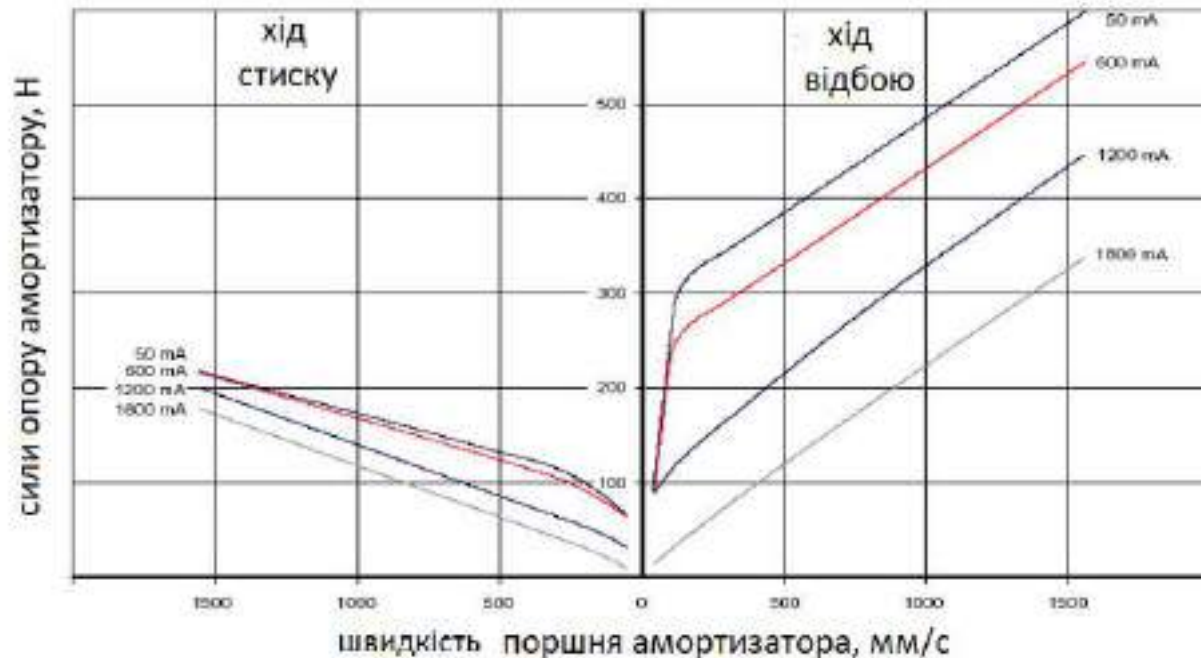
Чітко виражена залежність між жорсткістю амортизаторів і комфортом руху автомобіля, при більшій жорсткості амортизатора виразніше помітні удари та перепади навантажень. Результати вказують на підвищення навантаження на верхній шарнір кріплення стійки амортизатора, що виразне різким зростанням швидкості руху кузова вгору. Це особливо помітно на "жорстких" амортизаторах. Також варто відзначити протилежний бік - "м'які" амортизатори. Отримані дані демонструють більш плавні збільшення швидкості, що вказує на більш комфортний рух автомобіля. Також недоліком таких амортизаторів є те, що колесо на більший період часу, порівняно з більш жорсткими, втрачало контакт із дорожнім покриттям.

Аналіз адаптивних підвісок автомобілів

Підбір параметрів пружних та демпфуючих елементів конструкції підвіски є складне та трудомістке завдання. До такого роду досліджень пред'являють жорсткі вимоги, пов'язані із забезпеченням надійного контакту коліс автомобіля з дорожнім покриттям та забезпеченням комфортабельного пересування. Умови руху транспортних засобів дорогами України вимагають знаходження компромісу між цими вимогами.

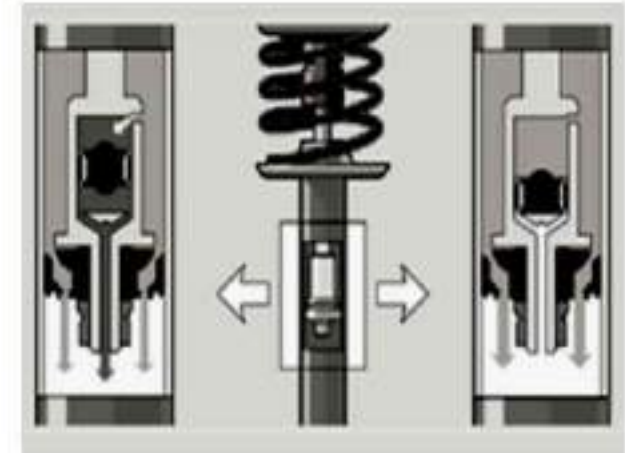
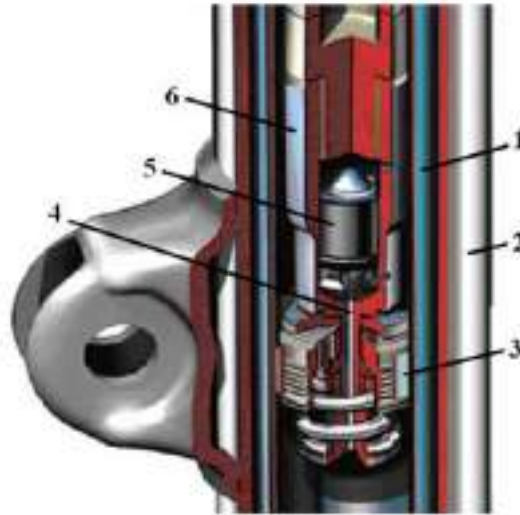
В сучасних конструкціях адаптивних підвісок передбачено три режими роботи: нормальний (Normal), спортивний (Sport) або комфортний (Comfort). Вибір режиму залежить від водія та його потреб. У кожному з цих режимів здійснюється автоматичне регулювання ступеня демпфування амортизаторів, що знаходиться у межах багатопараметрової характеристики.

Багатопараметрові характеристики залежності опору амортизаторів від траєкторії і умов руху автомобіля записані у пам'яті електронного блоку керування



Багатопараметрова характеристика амортизатора

Підвіска «Agility Control»



а)

б)

Схема роботи гідромеханічного пристрою амортизатора.

Регульований амортизатор підвіски «Agility Control»:
1 – робочий циліндр; 2 – зовнішній резервуар; 3 – поршень;
4 – обхідний канал; 5 – керуючий клапан; 6 – шток

•Коли настає момент, що частота коливань штока амортизатора низька (або низька амплітуда коливань) (рис. а), то керуючий клапан відкриває обхідний канал для вільного проходження амортизаторної рідини, зменшуючи силу опору амортизатора, що сприяє підвищенню плавності ходу автомобіля без шкоди для керування, зниження шуму в салоні та вібрацій шин.

•Якщо частота коливань штока амортизатора збільшується (або при великій амплітуді коливань) (рис. б), наприклад, при різкому гальмуванні, русі по нерівних дорогах, або зміні траєкторії руху автомобіля, керуючий клапан переміщується в крайнє положення, тим самим припиняючи проходження амортизаторної рідини через обхідний канал. .

Аналогічна за функціональним призначенням адаптивна система PASM (Porsche Active Suspension Management, активне керування підвіскою)

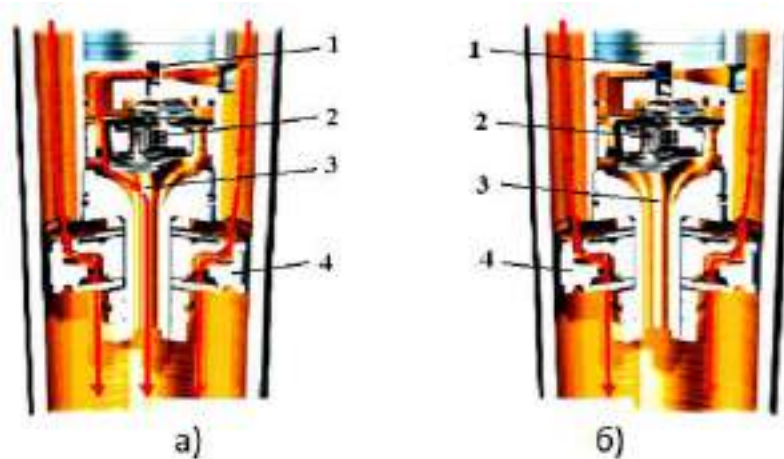


Схема роботи виконавчого пристрою амортизатора:

1 – заслінка; 2 – електромагнітний клапан;
3 – обхідний канал; 4 – поршень

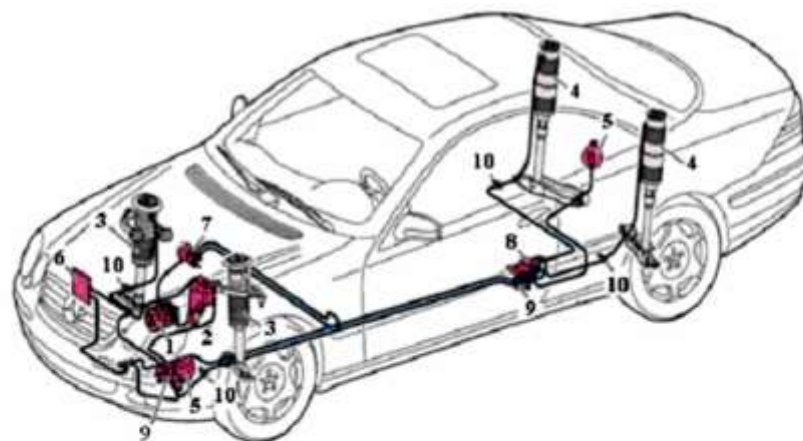
У шток однотрубного амортизатора вбудовано електромагнітний клапан (виконавчий пристрій) що керує заслінкою, яка частково або повністю відкриває або взагалі перекриває обхідний канал для вільного проходження амортизаторної рідини.

В той час коли електромагнітний клапан відкриває обхідний канал (рис. а), сила опору амортизатора знижується і його демпфуючі властивості знижуються, таким чином сприяючи поліпшенню комфортабельності автомобіля. У випадку коли електромагнітний клапан повністю або частково перекриває обхідний канал (рис. б), тим самим повністю припиняючи або зменшуючи проходження амортизаторної рідини через нього, сила опору амортизатора підвищується і його демпфуючі властивості зростають, що сприяє поліпшенню і підвищенню стійкості автомобіля.

Гідравлічна система «Active Body Control»



Передня підвіска автомобіля із системою «Active Body Control».



Гідравлічні компоненти системи «Active Body Control»:

1 – радіально-поршневий насос; 2 – бачок для гідравлічної рідини; 3 та 4 – амортизаторні стійки передньої та задньої підвіски; 5 – гідроаккумулятор високого тиску; 6 – радіатор охолодження гідравлічної рідини; 7 – клапанний вузол розподілу тиску; 8 – накопичувач рідини у зворотній магістралі (для зниження піків тиску у зворотній магістралі); 9 – блоки клапанів передньої та задньої осей; 10 – запобіжний клапан (для обмеження тиску в системі)

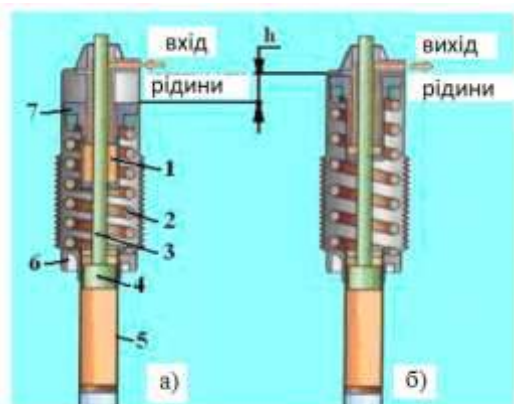


Схема роботи амортизаторної стійки системи Active Body Control:

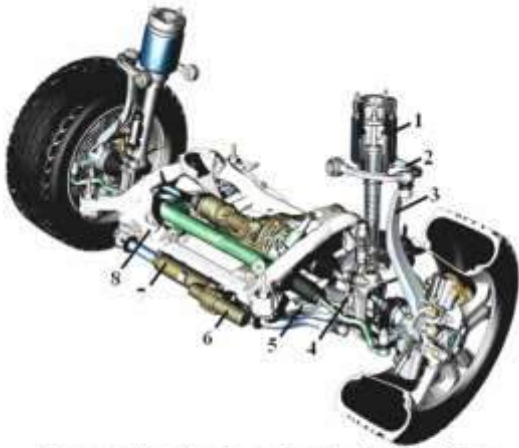
а – режим «Sport», пружина навантажена плунжером; б – режим «Comfort», пружина розвантажена:

1 – гідроциліндр; 2 – пружина; 3 – шток амортизатора; 4 – поршень амортизатора; 5 – корпус амортизатора; 6 – чашка пружини; 7 – плунжер (поршень) гідро циліндра.

При наростанні тиску в гідроциліндрі системи Active Body Control плунжер стискає пружину до певної межі (рис. а), і її жорсткість збільшується, а хід зменшується (режим «Sport»). При зниженні тиску в гідроциліндрі пружина повертається в номінальне положення (див. рис. б), і її жорсткість знижується, а хід збільшується (режим «Comfort»).

Керування підвіскою здійснюється електронним блоком управління, об'єднаним із гідроприводом високого тиску (тиск до 20 МПа). Він отримує входні сигнали від 15 датчиків та генерує сигнали, що необхідні для керування елементами гідравлічного приводу.

Адаптивна пневматична підвіска «Airmatic Dual Control»

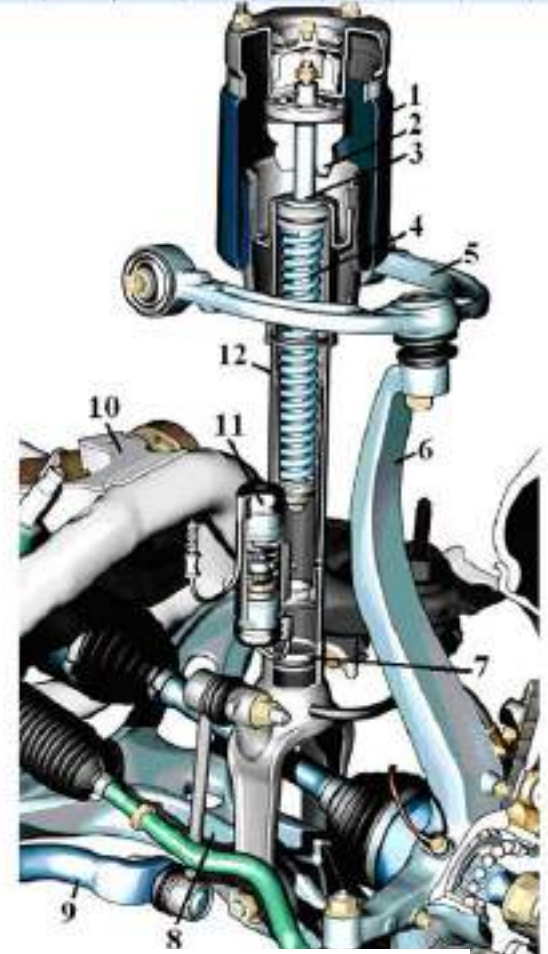


Передня вісь підвіски «Airmatic Dual Control»:
1 – пневмостійка; 2 – верхній важіль; 3 – поворотний кулак; 4 – стійка кріплення стабілізатора; 5 – нижній важіль; 6 – енергоакумулятор; 7 – активний стабілізатор поперечної стійкості; 8 – підрамник

Перехід від однієї матриці демпфування до іншої відбувається автоматично в будь-якому з трьох вибраних водієм режимів роботи підвіски: "Авто", "Comfort" або "Sport".

Пневматичні стійки передньої підвіски включають відкриті пневматичні ресори 1 з вбудованими однотрубними амортизаторами 12 з електронною системою керування CDC. Верхні поперечні важелі 5 виготовлені з кованого алюмінію, а нижні важелі 8 і поворотні кулаки 6 з чавуну з кулястим графітом.

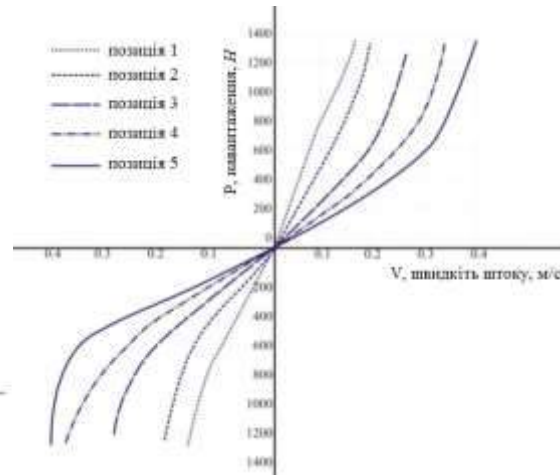
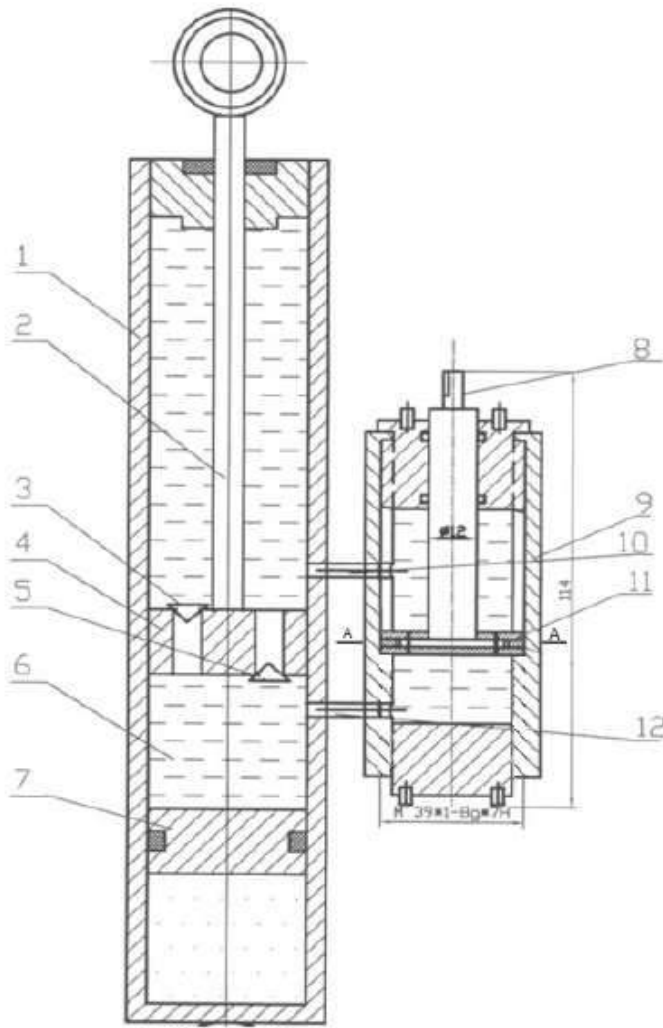
Чотири гумові опори переднього підрамника 10, ізолюючи кузов, захищають його від вібрацій і покращують комфортабельність автомобіля. Активний стабілізатор 9 поперечної стійкості кріпиться до вилки пневматичної стійки за допомогою стійки кріплення



Пневматична стійка передньої підвіски «Airmatic Dual Control»:

1 – пневмоелемент; 2 – буфер стиснення; 3 – шток амортизатора; 4 – пружина; 5 – верхній важіль; 6 – поворотний кулак; 7 – розділовий поршень амортизатора; 8 – нижній важіль; 9 – стабілізатор; 10 – підрамник; 11 – електромагнітний клапан; 12 – амортизатор.

Адаптивний амортизатор з додатковим клапаном



Робочі характеристики опору амортизатора, отримані під час імітаційних випробувань: а) статична характеристика; б) динамічна характеристика. 100 % відкриття перепускних отворів – крива 5; 75 % відкриття перепускних отворів – крива 4; 50 % відкриття перепускних отворів – крива 3; 25 % відкриття перепускних отворів – крива 2; 0 % відкриття перепускних отворів – крива 1.

При наїзді автомобіля на нерівності дороги виникають поштовхи, що передаються на кузов і викликають його вертикальне розгойдування. При цьому шток 2 з поршнем 4 переміщається в ідро циліндр 1 і відбувається демпфування та гасіння коливань кузова в залежності від зусиль опору переміщення штока поршнем. Величина зусиль опору переміщенню штока з поршнем (зусилля стиснення або відбою) залежить від гідравлічного опору перетікання рідини 6 через клапани. При засуванні поршня 4 (хід стиснення) рідина 6 з поршневого простору гідро циліндр 1 частково перетікає через клапан стиснення 3 над поршневий простір. Крім того, рідина перетікає в гідро циліндр 1 через вихідний канал 12. При зовнішньому керуючому впливі на рухому мембрану клапана регулювання шляхом повороту штока 8 отвори в мембранах відкриваються і зменшується опір перетіканню рідини 6 через канал 10 і при цьому знижується зусилля стиснення амортизатора. При ході відбою (висуванні штока 2) рідина 6 перетікає через клапан відбою 5 і канал 10 над поршневого простору в під поршневе, створюючи при цьому зусилля опору відбою, яке також регулюється поворотом штока 8 крени при проходженні поворотів або нерівностей.

ВИСНОВКИ

- 1. З метою забезпечення наочності та зниження трудомісткості підбору характеристик підвіски MacPherson, розроблена твердотільна її модель, досліджено динамічні параметри цієї підвіски при наїзді на перешкоду. Отримано графічні та аналітичні залежності, що дозволяють визначити динамічні характеристики кузова за різної жорсткості амортизатора.
- 2. Існує два шляхи управління активною підвіскою: 1) Аналіз дорожньої ситуації на певній дистанції від автомобіля (ультразвукові, радарні та лазерні датчики); 2) Режим онлайн, тобто реєстрація поточної вібрації кузова автомобіля (датчики прискорення чи акселерометри). Доцільно вибрати другий шлях як простіший.
- 3. Конструкція амортизатора автомобіля з можливістю регулювання його опору є компромісом між комфортом та безпекою (керованістю) автомобіля. Регулювання може здійснюватись автоматично без участі водія. в залежності від навантаження на вісь автомобіля, від швидкості його руху, від дорожніх умов, від температури навколишнього повітря та самого амортизатора або від усіх умов разом. У такому випадку автомобіль оснащують відповідними датчиками та блоком управління, що подає команди на виконавчі пристрої.

Дякую за увагу !