

## Лекція 8. Підвіска автомобіля

### Загальна характеристика та призначення підвіски автомобіля

Підвіска автомобіля є однією з найважливіших складових ходової частини, оскільки саме вона формує зв'язок між колесами та несучою системою автомобіля — кузовом або рамою. У процесі руху транспортного засобу підвіска сприймає практично всі збурення, що надходять від дорожнього покриття, трансформує їх та передає у значно ослабленому вигляді на кузов. Від конструкції підвіски безпосередньо залежать плавність ходу, курсову стійкість, керованість, рівень вібраційних навантажень, а також довговічність елементів автомобіля.

Функціонально підвіска виконує одразу кілька взаємопов'язаних завдань. Вона забезпечує постійний контакт коліс з дорогою, сприймає та розподіляє вертикальні, поздовжні й поперечні сили, а також обмежує і гасить коливання кузова, створюючи необхідний баланс між комфортом і керованістю.

### Конструктивна структура підвіски та взаємодія її елементів



Будь-яка підвіска є складною механічною системою, що включає напрямні елементи, пружні елементи та демпфувальні пристрої. Напрямні елементи визначають траєкторію переміщення коліс відносно кузова та формують кінематику підвіски. До них належать важелі, балки, реактивні тяги та підрамники, з'єднані між собою кульовими й гумометалевими шарнірами.

Пружні елементи — гвинтові пружини, ресори, торсіони або пневматичні елементи — поглинають енергію ударів від нерівностей дороги. Демпфувальні елементи у вигляді амортизаторів перетворюють механічну енергію коливань у теплову, забезпечуючи швидке згасання коливань кузова.

### **Класифікація підвісок і принципи їх роботи**

Залежні підвіски характеризуються жорстким зв'язком між колесами однієї осі, що зумовлює простоту конструкції, але обмежує комфорт. Незалежні підвіски дозволяють кожному колесу рухатися самостійно, покращуючи плавність ходу і зчеплення з дорогою. Напівзалежні підвіски займають проміжне положення і поєднують риси обох типів.

### **Будова та функціонування основних елементів підвіски**

Центральним змістовим ядром підвіски автомобіля є сукупність її основних елементів, кожен з яких виконує чітко визначену функцію, а ефективність роботи всієї системи визначається саме узгодженістю їхньої взаємодії. Підвіску неможливо розглядати як простий набір деталей — це складна просторово-кінематична система, у якій силові, геометричні та демпфувальні властивості формуються одночасною роботою кількох груп елементів.

### **Напрямні елементи підвіски**



Напрямні елементи визначають характер переміщення колеса відносно кузова або рами автомобіля. Саме вони формують кінематику підвіски, тобто траєкторію руху маточини колеса у просторі при стисканні та відбої. До напрямних елементів належать важелі підвіски різної конфігурації, балки, реактивні тяги, підрамники та осі повороту.

Важелі підвіски можуть бути поздовжніми, поперечними або комбінованими. Їх форма і просторове розташування визначають зміну кутів установки коліс — розвалу, сходження та кастера — у процесі роботи підвіски. У незалежних підвісках застосовуються одинарні, подвійні або багатоланкові системи важелів, де кожен важіль бере участь у сприйнятті певної складової навантаження.

У залежних підвісках функцію напрямного елемента виконує балка моста, яка одночасно передає навантаження між колесами осі. Реактивні тяги та штанги Панара обмежують поздовжні та поперечні переміщення моста, забезпечуючи його стабільне положення відносно кузова.

### **Шарнірні з'єднання та елементи ізоляції коливань**

З'єднання між напрямними елементами та кузовом здійснюється за допомогою кульових шарнірів і гумометалевих шарнірів (сайлентблоків). Кульові шарніри забезпечують можливість кутових переміщень елементів підвіски без втрати жорсткості з'єднання, що особливо важливо для керованих коліс.

Сайлентблоки виконують подвійну функцію: вони дозволяють невеликі пружні переміщення елементів підвіски та водночас ізолюють кузов від високочастотних вібрацій і шумів. Деформація гумового шару в сайлентблоці поглинає частину енергії коливань, підвищуючи комфорт руху.

### **Пружні елементи підвіски**



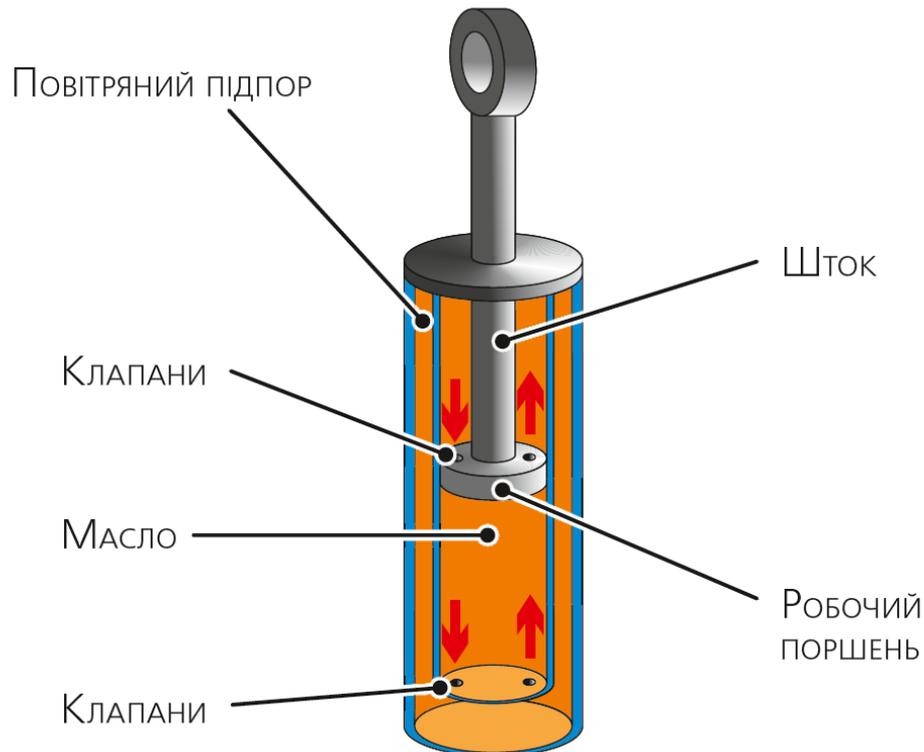
Пружні елементи є основними накопичувачами механічної енергії у підвісці. При наїзді колеса на нерівність вони деформуються, перетворюючи кінетичну енергію удару у потенційну енергію пружної деформації.

Найпоширенішим пружним елементом є гвинтова пружина. Вона працює на стиск і характеризується певною жорсткістю, яка визначає величину прогину під навантаженням. Зміна жорсткості пружини дозволяє адаптувати підвіску до маси автомобіля та його призначення.

Ресори, що широко застосовуються у вантажних автомобілях, виконують одночасно функції пружного та напрямного елемента. Їх багатолістова конструкція дозволяє ефективно сприймати великі навантаження, але обмежує комфорт.

Торсіони працюють на кручення і використовуються у підвісках, де важливо зменшити масу та компактно розмістити пружний елемент. У сучасних конструкціях дедалі ширше застосовуються пневматичні та гідропневматичні елементи, які дозволяють змінювати кліренс і жорсткість підвіски.

## Амортизатори та процеси демпфування



Амортизатори призначені для гасіння коливань, що виникають унаслідок роботи пружних елементів. У більшості автомобілів застосовуються гідравлічні або газонаповнені телескопічні амортизатори.

Принцип їх роботи ґрунтується на опорі перетіканню робочої рідини через клапанну систему при переміщенні поршня. Режими стиснення і відбою мають різні характеристики, що дозволяє оптимізувати поведінку автомобіля при різних дорожніх умовах.

### Стабілізатор поперечної стійкості

Стабілізатор поперечної стійкості є важливим елементом, який обмежує крени кузова при проходженні поворотів. Він являє собою торсіонний вал, з'єднаний з підвіскою через шарнірні тяги.

При одночасному переміщенні обох коліс осі стабілізатор практично не деформується. Проте при різноспрямованому переміщенні коліс виникає крутний момент, який протидіє крену кузова.

### Маточини, підшипники та передача навантажень

Маточина колеса є елементом, через який навантаження від колеса передаються на підвіску. Вона спирається на підшипники, що забезпечують

вільне обертання колеса при одночасному сприйнятті радіальних і осьових навантажень.

Конструкція підшипників маточини безпосередньо впливає на довговічність і надійність підвіски, а також на точність керування автомобілем.

### **Взаємодія елементів підвіски у динаміці руху**

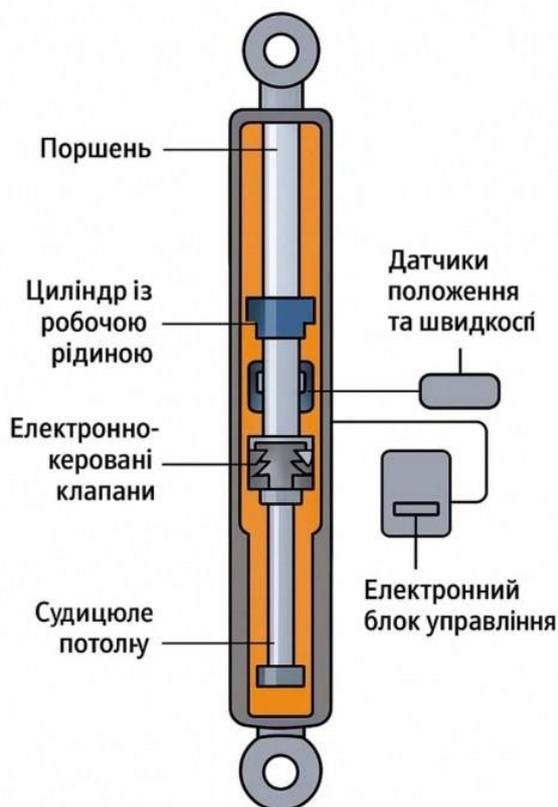
Під час руху автомобіля всі елементи підвіски працюють як єдиний комплекс. Вертикальні збурення від дороги викликають послідовну реакцію напрямних, пружних і демпфувальних елементів. Саме збалансованість їхніх характеристик визначає поведінку автомобіля на дорозі.

### **Активні та адаптивні підвіски**

Розвиток конструкцій підвісок упродовж останніх десятиліть тісно пов'язаний із широким впровадженням електронних систем керування. Якщо класична підвіска має фіксовані пружно-демпфувальні характеристики, визначені на етапі проєктування, то активні й адаптивні підвіски здатні змінювати свої параметри в процесі руху автомобіля. Це дозволяє поєднати, здавалося б, суперечливі вимоги — високий рівень комфорту та відмінну керованість.

### **Адаптивні підвіски: будова та принципи роботи**

## Будова адаптивного амортизатора



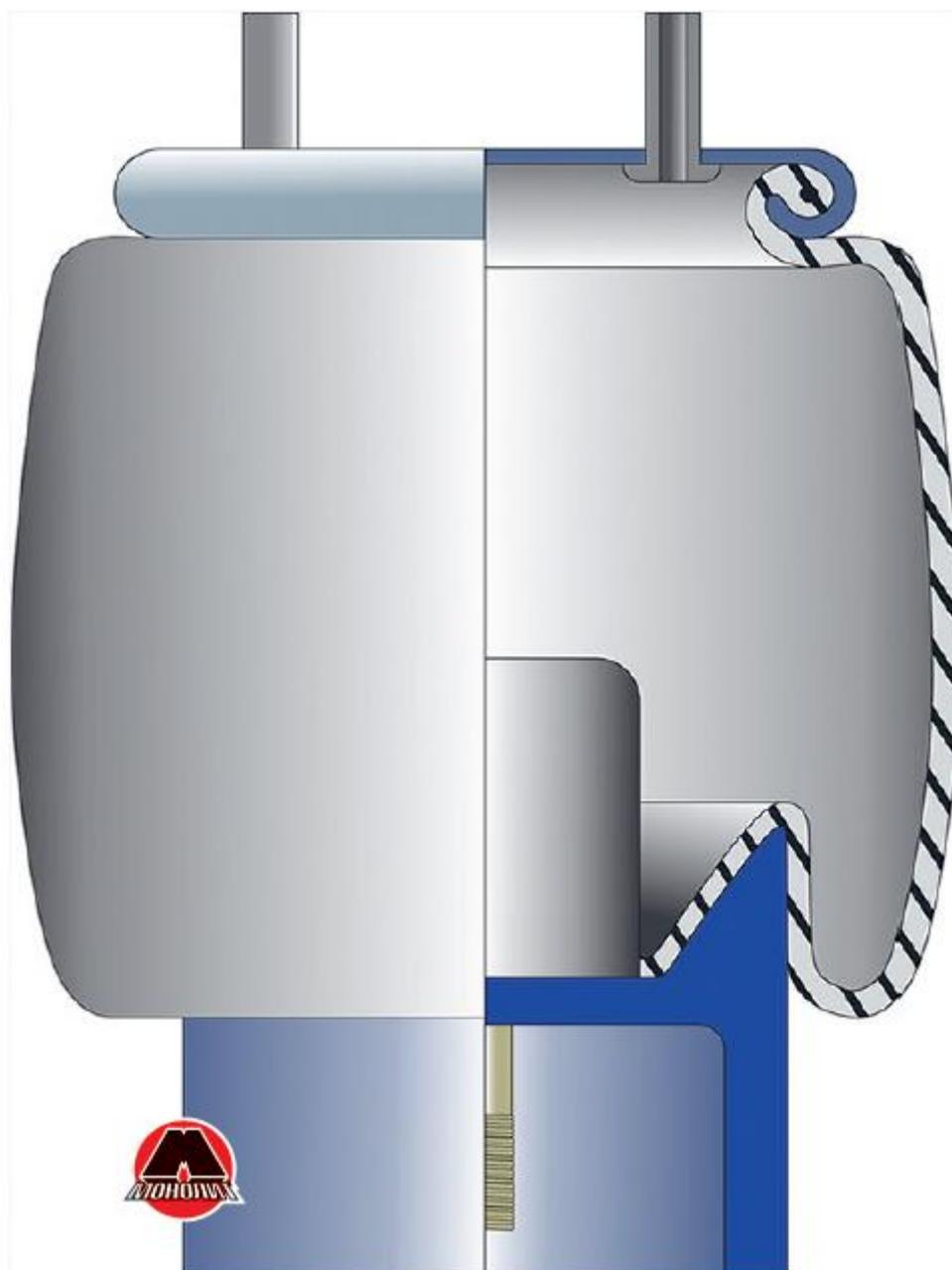
Адаптивні підвіски є еволюційним розвитком класичних конструкцій і передбачають можливість зміни характеристик демпфування або жорсткості пружних елементів без активного створення зусиль. Основним виконавчим елементом таких підвісок є амортизатори зі змінними характеристиками.

Конструктивно адаптивні амортизатори можуть мати електронно керовані клапани, які змінюють пропускний переріз каналів для перетікання робочої рідини. Зменшення перерізу каналів призводить до зростання опору руху поршня і, відповідно, до підвищення жорсткості демпфування. У деяких системах застосовуються магнітореологічні рідини, в'язкість яких змінюється під дією магнітного поля, що дозволяє надзвичайно швидко реагувати на зміну умов руху.

До складу адаптивної підвіски входить система датчиків, яка збирає інформацію про швидкість руху, прискорення кузова, кути крену, положення коліс та стан дорожнього покриття. На основі цих даних електронний блок керування формує сигнали для виконавчих елементів, змінюючи режими роботи амортизаторів у режимі реального часу.

Перевагою адаптивних підвісок є відносна простота конструкції у порівнянні з активними системами, висока надійність і можливість значно підвищити комфорт руху без суттєвого ускладнення механічної частини. До недоліків слід віднести обмежені можливості впливу на коливання кузова, оскільки система не створює активних зусиль, а лише змінює параметри демпфування.

### **Пневматичні та гідروпневматичні підвіски**



Окрему групу адаптивних систем становлять пневматичні та гідропневматичні підвіски. У таких конструкціях роль пружного елемента виконує стиснене повітря або газ, відокремлений від рідини мембраною. Зміна

тиску у пневматичних балонах дозволяє регулювати дорожній просвіт і жорсткість підвіски.

Пневматична підвіска включає компресор, ресивер, блок клапанів, пневмобалони та електронний блок керування. У процесі руху система автоматично підтримує заданий рівень кузова незалежно від навантаження автомобіля. Це особливо важливо для забезпечення стабільної геометрії підвіски та фар при зміні маси вантажу.

Гідропневматичні підвіски поєднують у собі функції пружного елемента і амортизатора. У них використовуються сфери з газом і гідравлічна рідина, що дозволяє досягти високої плавності ходу. Проте складність конструкції та висока вартість обмежують їх широке застосування.

### **Активні підвіски: принципова відмінність і конструкція**

Активні підвіски принципово відрізняються від адаптивних тим, що вони здатні активно створювати керуючі зусилля, спрямовані на компенсацію коливань кузова. У таких системах використовуються гідравлічні або електромеханічні виконавчі механізми, встановлені між кузовом і колесами.

Активна підвіска включає розгалужену систему датчиків, які вимірюють вертикальні прискорення кузова, положення коліс, швидкість руху та параметри повороту. Центральний електронний блок керування аналізує ці дані і формує сигнали для виконавчих механізмів, які створюють додаткові сили, протидіючі коливанням.

У гідравлічних активних підвісках використовуються гідроциліндри з високошвидкісними сервоклапанами. В електромеханічних системах застосовуються потужні електродвигуни або лінійні актуатори. Такі підвіски здатні практично повністю усувати крени, клювання при гальмуванні та присідання при розгоні.

### **Системи керування активними та адаптивними підвісками**

Системи керування є ключовим елементом сучасних підвісок. Вони працюють у тісній інтеграції з іншими електронними системами автомобіля — ABS, ESP, системами стабілізації та керування силовою установкою.

Алгоритми керування базуються на складних математичних моделях динаміки автомобіля.

Час реакції системи є критичним параметром. У сучасних адаптивних підвісках він може становити кілька мілісекунд, що дозволяє реагувати на нерівності дороги практично миттєво. У деяких перспективних системах використовується інформація від камер і радарів для прогнозування стану дорожнього покриття.

### **Переваги та недоліки активних і адаптивних підвісок**

До основних переваг активних і адаптивних підвісок належать значне підвищення комфорту руху, покращення керованості та безпеки, а також можливість адаптації автомобіля до різних умов експлуатації. Водночас ці системи мають і суттєві недоліки: складність конструкції, висока вартість, підвищені вимоги до технічного обслуговування та залежність від справності електронних компонентів.

### **Висновки**

Підвіска автомобіля є динамічною системою, ефективність якої визначається узгодженою роботою всіх її елементів. Глибоке розуміння будови і принципів роботи підвіски є ключовим для аналізу поведінки автомобіля під час руху.