

АДАПТИВНАЯ ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ

Г.С. Сериков, ассистент, к.т.н., ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрены перспективные направления развития активной адаптивной подвески и ее элементов. Показана высокая эффективность применения демпферов с электромагнитными связями.

Ключевые слова: активная адаптивная подвеска, виброизоляция, пневмоподвеска, гидропневматическая подвеска, линейный электродвигатель.

АДАПТИВНА ВИБРОІЗОЛЯЦІЯ СУЧАСНОГО АВТОМОБІЛЯ

Г.С. Серіков, асистент, к.т.н., ХНАДУ

Анотація. Розглянуто перспективні напрямки розвитку активної адаптивної підвіски та її елементів. Показано високу ефективність застосування демпферів з електромагнітними зв'язками.

Ключові слова: активна адаптивна підвіска, віброізоляція, пневмопідвіска, гідропневматична підвіска, лінійний електродвигун.

ADAPTIVE ISOLATION OF VIBRATION OF THE MODERN CAR

G.Serikov, assistant, cand. eng. sc., KhNAHU

Abstract. Perspective directions of development of an active adaptive suspension bracket and its elements are considered. High efficiency of application of dampers with electromagnetic communications is shown.

Key words: Active adaptive suspension bracket, isolation of vibration, a pneumosuspension bracket, a hydropneumatic suspension bracket, the linear electric motor.

Введение

К моменту возникновения и широкого распространения автомобилей на каретах уже применялись устройства, предназначенные для уменьшения динамических нагрузок, передающихся через колёса на корпус экипажа. На протяжении четырехсот лет подвеска совершенствовалась и приобретала характерные конструктивные элементы, присутствующие и на современном транспорте. Используя богатый опыт эксплуатации карет и экипажей, конструкторы на первых самодвигающихся повозках в конструкции подвески сразу стали применять последние разработки того времени - рессоры и мощные пружины. Такие элементы в сравнении с ременной подвеской имели гораздо более вы-

сокие эксплуатационные характеристики. Они успешно гасили вибрации, передающиеся через колёса на корпус. Однако гашения колебаний корпуса на собственной частоте, возникающие при движении и приводящие к потере контакта колес с дорогой, оставались нерешенной проблемой.

Анализ публикаций

Подвеску автомобиля можно рассматривать как систему, состоящую из трех основных компонентов [1]. Первый из них – упругие элементы, назначение которых - смягчать толчки и удары, чтобы они не передавались на кузов. Это могут быть рессоры, торсионы, пневматические, гидропневматические или резиновые подушки, но чаще всего это витые

пружины. В первых конструкциях автомобилей широкое распространение получили листовые рессоры, колебания которых довольно быстро гасились за счет значительного трения между листами. После второй мировой войны получила широкое распространение пружинная подвеска, в которой внутреннее трение ничтожно мало [2].

Вторым, не менее важным элементом подвески, является амортизатор - устройство, предназначенные для рассеяния энергии удара, возникающего при наезде на препятствие и гашения колебаний кузова. Он сжимается и тем самым гасит ударную нагрузку, но, распрямляясь, стремится вернуться в первоначальное положение. Возникает эффект пружинного маятника, когда весь автомобиль совершает продолжительные, медленно затухающие колебания. Задача амортизатора и состоит в том, чтобы быстро, но мягко их прекратить [3]. Такая система эффективно преобразует механические колебания в тепло за счёт вязкости жидкости.

Третьим элементом является направляющая конструкция, определяющая путь перемещения колеса. Ее задачей является сохранение заданных углов установки колес относительно корпуса автомобиля и дороги при сжатии упругих элементов и отбое.

Разнообразные сочетания конструкций упругих элементов, амортизаторов, направляющих механизмов дают совершенно различные эксплуатационные характеристики подвески.

Цель и постановка задачи

Целью статьи является выявление перспективных направлений совершенствования конструкций подвески, позволяющих наиболее эффективно поддерживать курсовую устойчивость и контролировать динамику движения автомобиля.

Зависимая подвеска

Такие подвески отличаются неприхотливостью в обслуживании и конструктивной простотой, поскольку имеют минимальный набор кинематических узлов и сочленений (рис. 1).

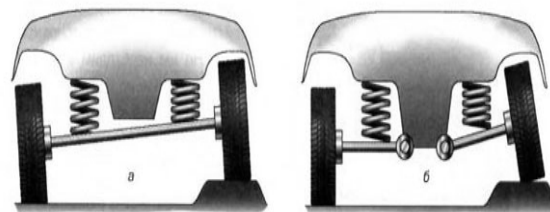


Рис. 1. Работа подвески колес автомобиля: а – зависимая подвеска; б – независимая подвеска.

Однако в конструкции зависимой подвески есть принципиально неустранимые недостатки. При движении по дороге с поперечными волнами (когда колёса одной оси одновременно наезжают на препятствие) смещается весь мост. Зависимая подвеска слишком инерционна и не успевает отреагировать на прекращения взаимодействия с препятствием. В результате теряется сцепление колёс с дорогой, что приводит к снижению устойчивости и управляемости автомобиля. Кроме того, автомобиль с зависимой подвеской больше кренится на повороте. В случае наезда одного колеса на препятствие, второе тоже изменяет угол развала, что приводит к стремлению увода автомобиля от курсового движения.

Зависимые подвески в настоящее время в основном используют в автомобилях повышенной проходимости - таких как Land Rover Defender, Jeep Wrangler или Nissan Patrol.

Независимая подвеска

С этими проблемами инженеры начали бороться ещё в самом начале XX века. В результате поисков была предложена новая конструкция подвески, основной принцип которой – независимость передвижений каждого колеса относительно кузова.

На сегодняшний день существует великое множество разнообразных конструкций независимых подвесок (рис. 2). Они различаются и по количеству рычагов (однорычажные, двухрычажные, многорычажные), и по плоскости качения колёс (продольные, поперечные, диагональные), и по типу упругого элемента [4].

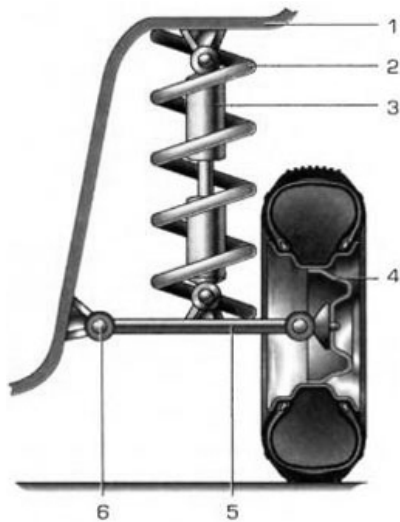


Рис. 2. Общая схема независимой подвески колеса: 1 – кузов; 2 – упругий элемент; 3 – демпфирующий элемент; 4 – колесо; 5 – направляющий элемент; 6 – шарнир.

Типы упругих элементов

Как уже упоминалось, первым нашла широкое применение рессора. Она представляет собой набор стальных листов и крепится к кузову или раме. Спереди крепление осуществляется при помощи осевого шарнира, а сзади — посредством серьги, позволяющей рессоре удлиняться при сжатии. Главное преимущество подобной конструкции — это её простота. Здесь нет направляющего элемента, его роль выполняет сама рессора. Можно использовать компактный амортизатор, так как упругий элемент эффективно гасит колебания за счёт трения между листами.

К недостаткам рессор относится нестабильность величины межлистового трения (зависит от состояния рессор, их загрязнения, коррозии и материала листов) и невозможность его динамической регулировки. Кроме того, любое воздействие на подвеску, по величине меньшее, чем межлистовое трение, упругим элементом полностью игнорируется, как будто рессор вообще нет.

Низкая надёжность рессоры объясняется тем, что она одновременно выполняет функцию и упругого элемента и направляющего устройства, поэтому испытывает двойную нагрузку. Рессорные подвески устанавливались на машины повышенной проходимости, грузовики, некоторые модели мотоциклов.

Пружинная подвеска несколько сложнее рессорной, но при этом более компактна и отличается мягким ходом. Устанавливается на легковых автомобилях повышенной комфортности и на некоторые виды лёгких и средних вседорожниках, таких как УАЗ-315195 Hunter, Land Rover Discovery, Toyota Land Cruiser. Виды упругих элементов подвески показаны на рис. 3.

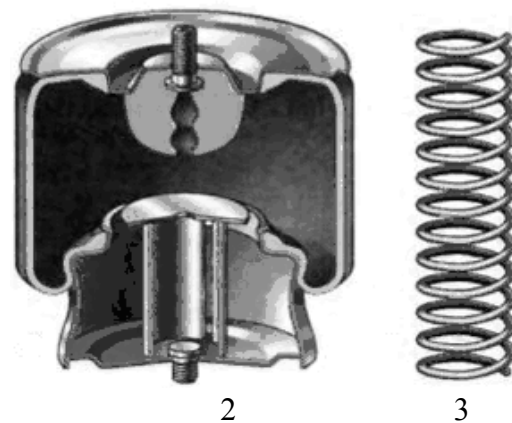
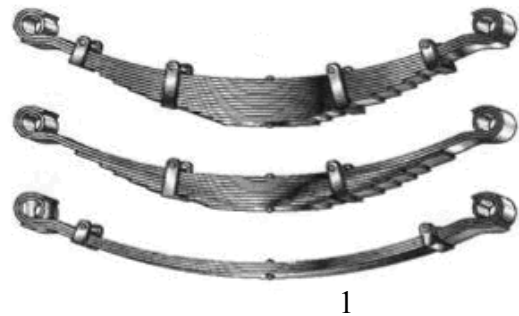


Рис. 3. Виды упругих элементов подвески: 1 – рессоры; 2 – пневмобаллон; 3 – пружина.

В пружинной подвеске применяется вместо рессор мощная цилиндрическая пружина, и в конструкцию добавлено направляющее устройство, выполненное обычно в виде продольных рычагов. У такой схемы есть целый ряд преимуществ: значительно меньшее сухое трение в упругом элементе повышает его надёжность, которую увеличивает отдельное направляющее устройство. Отметим также основные недостатки. Это – сложность конструкции, проблемный ремонт и меньшая энергоёмкость подвески.

Применение торсионной подвески позволяет уменьшить ее монтажные размеры, однако такая конструкция не может обеспечить требуемый общий ход.

Пневмоподвеска

Применение в подвеске пневмоэлемента (рис. 4) является следующим шагом на этом пути. В отличие от предыдущей конструкции, вместо пружины в качестве упругого элемента используется воздух, закачанный в громоздкий пневмобаллон. Это позволяет изменять дорожный просвет за счет изменения давления в упругом элементе [5].

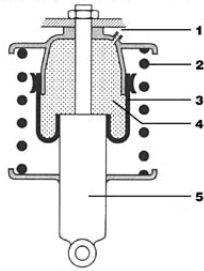


Рис. 4. Конструкция пневмоэлемента пневматической подвески: 1 - воздушный штуцер; 2 - стальная пружина; 3 - пневмоэлемент; 4 - газовая камера; 5 - амортизатор.

Несомненным достоинством такой системы (рис. 5) является возможность задания давления по отдельности в каждом пневмобаллоне, позволяя выравнять неравномерную статическую нагрузку на колеса. Регулирование жесткости подвески производится путем регулирования величины открытия амортизаторных клапанов.

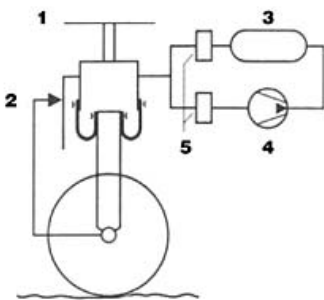


Рис. 5. Схема работы пневмоподвески: 1 - кузов автомобиля; 2 - датчик перемещения; 3 - ресивер; 4 - компрессор; 5 - соленоидный клапан.

Программно-управляемые системы автоматизируют этот процесс. Недостатками такой конструкции являются большие габариты и существенная инерционность работы системы в динамике (не позволяет в достаточной степени реагировать на рельеф дороги).

Гидропневматическая подвеска

Применение гидропневматической подвески (рис. 6), своего рода гибридной системы, позволило уменьшить ее габариты в сравнении с пружиной, что существенно упрощает компоновку подвески [6]. Принцип действия такой системы основан на том, что газ сжимаем, а жидкость - нет. Упругим элементом в гидропневматической подвеске выступает газ, обычно азот, а его давление регулируется изменением уровня жидкости, при помощи гидронасоса.

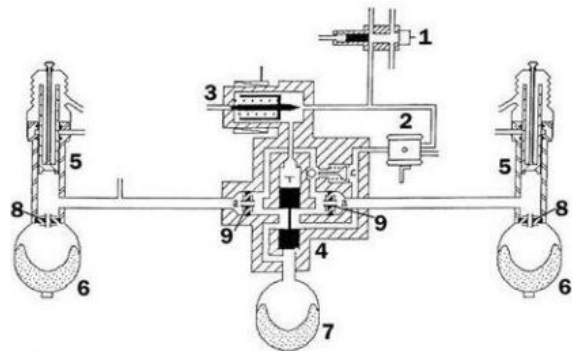


Рис. 6. Схема работы гидропневматической подвески: 1 - предохранительный клапан-распределитель; 2 - регулятор положения кузова; 3 - электромагнитный клапан; 4 - регулятор жесткости; 5 - гидравлический цилиндр; 6 - основной гидропневматический упругий элемент; 7 - дополнительный гидропневматический упругий элемент; 8 - основной амортизаторный клапан; 9 - дополнительный амортизаторный клапан.

Регулировка давления при помощи гидронасоса осуществляется гораздо быстрее и эффективнее, чем в пневмоподвеске. Работу гидропневматической подвески обеспечивает гидравлическая система автомобиля, которая также объединяет работу тормозной системы и рулевого управления. В гидравлическую систему входят бак для хранения специальной жидкости, насос и гидроаккумулятор.

Адаптивные подвески с демпфирующими элементами переменной жесткости

Переходным вариантом от гидравлических и пневматических демпфирующих элементов переменной жесткости к электромеханическим подвескам стали амортизаторы, в которых жесткость управляется электроникой. К ним относятся гидроамортизаторы с маслом

переменной вязкости (реологической жидкостью) и амортизаторы с переменным сечением перепускных клапанов. Применение таких демпферов позволяет реализацию адаптивных электронных систем подвески, интегрируемых в общую систему поддержания курсовой устойчивости и стабилизации кузова.

В обобщение вышерассмотренных конструкций адаптивных подвесок следует указать повышение сложности их исполнения, что требует от техперсонала высокой квалификации.

Ремонт становится невозможен без правильной диагностики на специализированном оборудовании и часто требует замены датчиков.

Активная подвеска с линейными электродвигателями

Наиболее прогрессивным направлением развития систем стабилизации корпуса автомобиля является разработка фирмы BOSE [7], представленная на рис. 7.



Рис. 7. Подвеска с линейными электродвигателями

В данном типе подвески вместо привычных пружин и амортизаторов используются линейные электродвигатели, управляемые сложной электронной системой, задача которой сохранить стабильное положение кузова при вертикальном перемещении колёс. Система руководствуется показаниями датчиков об изменении положения колёс относительно кузова и передает сигнал линейным электродвигателям, которые мгновенно компенсируют эти изменения. Колесо оказывается подвешенным в электромагнитном поле, а перемещать колесо вверх-вниз будет актив-

ный электромагнит. Это позволяет исключить любые толчки, передаваемые на кузов.

Выводы

Независимая подвеска обеспечивает меньшую неподрессоренную массу. Вследствие чего позволяет быстрее и лучше «отрабатывать» рельеф дороги.

Применение пружин в подвеске позволяет практически избавиться от динамически неконтролируемого параметра - внутреннего трения в упругих элементах.

Пневмопружины позволяют изменять в широких пределах дорожный просвет и плавность хода, расширяя возможности адаптивной подвески.

Применение адаптивной подвески с активным контролем демпфирования открывает исключительные возможности для систем поддержания курсовой устойчивости транспортных средств.

Наиболее полным спектром возможностей обладают демпферы подвески с электромагнитными связями. В качестве таких демпферов могут выступать линейные электродвигатели.

Литература

1. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. и др. – Основы конструкции автомобиля. – М. ООО «Книжное издательство «За рулем», 2007. – 336 с.: ил.
2. Раймпель Й. Шасси автомобиля. Конструкции подвесок. — М.: Машиностроение, 1989. — 328 с.
3. Дэниэлс Д. Современные автомобильные технологии. — М.: АСТ: Астрель, 2007. — 223 с.
4. <http://www.avtonov.svoi.info/suspension.php>
5. http://systemsauto.2nie.com/pendant/air_suspension.html
6. <http://systemsauto.2nie.com/pendant/hydroactive.html>
7. <http://www.zr.ru/a/24668>

Рецензент: А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20.10.2011.