

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Масалов Владимир Николаевич
Должность: ректор
Дата подписания: 16.07.2022 22:33:37
Уникальный программный ключ:
f31e6db16690784ab6b50e564da26971fd24641c

С.И. Головин
А.А. Жосан
М.М. Ревякин

Устройство автомобиля

Часть 3 Подвеска



УДК 62-97/-98
ББК 39.33-01

Составители: к.т.н., доцент С.И. Головин, к.т.н., доцент А.А. Жосан, к.т.н., доцент М.М. Ревякин.

Рецензенты:

доцент кафедры сервиса и ремонта машин Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», кандидат технических наук Кулев Максим Владимирович;

доцент кафедры механизации технологических процессов в АПК Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кандидат технических наук Булавинцев Роман Алексеевич.

Г61 Устройство автомобиля. Часть 3 Подвеска / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 118 с.

Учебно-методическое пособие по изучению конструкции автомобилей предназначено бакалаврам, обучающимся по направлениям подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 23.03.01 – Технология транспортных процессов, а также специалистам, обучающимся по специальности 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства.

© С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин 2018.
© Издательство Орловский ГАУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Назначение подвески и ее конструкция.....	6
1.1 Упругие элементы.....	7
1.2 Виды упругих элементов и их применение на автомобилях	8
1.2.1 Рессоры.....	8
1.2.2 Пружины	11
1.2.3 Торсионные упругие элементы.....	15
1.2.4 Упругие пневматические элементы	19
1.2.4.1 Пневматическая подвеска грузового автомобиля и автобуса	19
1.3 Адаптивная подвеска колес легкового автомобиля	21
1.3.1 Регулировка жесткости подвески.	30
1.3.2 Регулировка дорожного просвета.....	31
1.3.3 Упругие гидропневматические элементы	33
1.4 Направляющие элементы.....	40
1.5 Демпфирующие элементы (амортизаторы)	48
1.5.1 Роль амортизатора в обеспечении комфорта и безопасности движения	50
1.5.2 Устройство и принцип работы амортизатора	55
1.6 Диагностика неисправностей ходовой части автомобиля.....	63
1.6.1 Определение состояния амортизаторов.....	63
1.6.1.1 Визуальный осмотр	65
1.6.1.2 Снятие характеристик амортизатора	66
1.6.1.3 Метод колебаний кузова	68
1.6.1.4 Использование прибора с датчиком перемещения	69
1.6.1.5 Шок-тест (shock-test)	71
1.6.1.6 Резкое торможение	72
1.6.1.7 Метод колебания колес	73
1.6.1.8 Амплитудно-резонансный способ	73

1.6.1.9 Способ EUSAMA	74
1.6.1.10 Рекомендации по ремонту амортизаторов	74
1.7 Углы установки колес автомобиля	76
1.7.1 Развал.....	76
1.7.2 Схождение.....	84
1.7.2 Углы, отвечающие за стабилизацию управляемых колес	87
1.8 Зависимость управляемости автомобиля от состояния кузова автомобиля и элементов крепления осей	90
1.9 Способы проверки углов установки колес.....	92
1.9.1 Единицы измерения и требования к измерительному оборудованию	95
1.9.2 Требования к измерительным приборам и оборудованию	96
1.9.3 Рекомендации предприятия-изготовителя автомобиля	97
1.9.4 Положение транспортного средства при измерениях	100
1.9.5 Влияние неисправностей рулевого управления на геометрию подвески.....	102
1.10 Оборудование для сервисного обслуживания ходовой части автомобилей	103
Заключение	110
Список использованной литературы.....	111

ВВЕДЕНИЕ

Подвеска автомобиля представляет собой совокупность элементов, обеспечивающих упругую связь между кузовом (рамой) и колесами (мостами) автомобиля. Главным образом подвеска предназначена для снижения интенсивности вибрации и динамических нагрузок (ударов, толчков), действующих на человека, перевозимый груз или элементы конструкции автомобиля при его движении по неровной дороге. В то же время она должна обеспечивать постоянный контакт колеса с дорожной поверхностью и эффективно передавать ведущее усилие и тормозную силу без отклонения колес от соответствующего положения. Правильная работа подвески делает управление автомобилем комфортным и безопасным. Несмотря на кажущуюся простоту, подвеска является одной из важнейших систем современного автомобиля и за историю своего существования претерпела значительные изменения и усовершенствования.

1 НАЗНАЧЕНИЕ ПОДВЕСКИ И ЕЕ КОНСТРУКЦИЯ

Поведение автомобиля на дороге, его ездовые качества в немалой степени определяет конструкция подвески колес. Конструкция подвески оказывает существенное влияние на такие важнейшие характеристики автомобилей, как управляемость на дорогах с различным покрытием, сохранение выбранной траектории движения при разгоне и торможении, стабильность прямолинейного движения, устойчивость автомобиля при поворотах и движения по кроссоверу, комфортность и плавность хода.

Единого рецепта, как обеспечить отменные ездовые качества, при соблюдении высокой комфортности, нет, поэтому конструкции подвесок весьма разнообразны. При довольно высоком разнообразии в каждой конструкции можно выделить три функциональные группы:

- Упругие элементы воспринимающие вертикальную нагрузку, возникающую в результате движения колеса по неровностям дороги;
- Направляющие элементы обеспечивающие подвижную связь колеса с кузовом и передающие на него усилия, лежащие в горизонтальной плоскости, и моменты сил, возникающие при торможении колеса и его вращении;
- Демпфирующие элементы (амортизаторы) поглощающие энергию колебаний кузова относительно колес и повышающие надежность их контакта с дорогой.

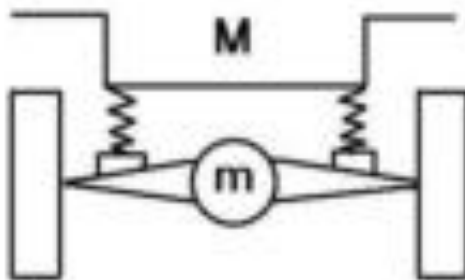
Массу автомобиля условно делят на две части:

- Неподрессоренная масса – суммарная масса всех деталей, вес которых на неподвижном нагруженном автомобиле непосредственно передается на дорогу.

К неподрессоренным массам относятся колеса и детали, связанные с колесом через подшипники (поворотные кулаки, цапфы, балки не ведущих мостов, редукторы и балки ведущих мостов), а также тормозные механизмы,

установленные внутри колесного диска. Кроме того, к неподрессоренным массам относят часть массы деталей, соединяющих колесо с кузовом (рулевые тяги, продольные и поперечные тяги и рычаги подвески, упругие элементы, амортизаторы и плечи стабилизаторов поперечной устойчивости).

- Поддрессоренная масса – суммарная масса всех остальных частей кузова, опирающегося на неподрессоренную массу через упругие элементы.



M – поддрессоренные массы; m – неподрессоренные массы.

Рисунок 1.1 – Распределение масс автомобиля с неразрезной осью.

В представленной на рисунке 1.1 схеме поддрессоренной массой является масса кузова (M), а неподрессоренной массой, масса заднего моста с колесами, условно обозначенная на схеме (m).

1.1 Упругие элементы

Упругие элементы бывают стальными, пневматическими, и гидропневматическими. Выбор типа упругого элемента определяется конструктивной схемой, требованиям компактности и снижения массы подвески. Упругие неметаллические элементы обеспечивают хорошую плавность хода, но имеют более высокую стоимость по сравнению со стальными. Применение пневматических и гидропневматических упругих элементов создает возможность регулирования высоты дорожного просвета (клиренс). Клиренс – расстояние от дороги до нижней точки кузова автомобиля или его узлов и агрегатов.

1.2 Виды упругих элементов и их применение на автомобилях

1.2.1 Рессоры

Листовые рессоры перекочевали на автомобиль с конных экипажей. Их достоинства – дешевизна и технологичность. Листовые рессоры имеют широкое применение, так как одновременно выполняют три функции: упругого элемента, направляющего элемента, так как способны передавать кузову усилия в продольном направлении, и демпфирующего устройства, из-за возникающего при изгибе рессоры трения между соседними листами. В последние десятилетия рессоры значительно сдали свои позиции, так как перечисленные достоинства при высоких скоростях обернулись недостатками.

В многолистовой рессоре сила трения между соседними листами постоянна и значительна по величине. Если сила толчка от дороги не превысит значение силы трения, рессора не прогнется и жестко передаст перемещение колеса кузову. Чтобы уменьшить трение, сокращают количество листов, или устанавливают между листами пластмассовые прокладки.

Другой недостаток рессоры – их неспособность достаточно точно обеспечивать заданную траекторию перемещения колес, поскольку под действием боковых сил и тормозных моментов они работают как упругие тяги или рычаги.

Третьим недостатком является высокая масса рессоры, так как рессора вместе с мостом или балкой оси и колесами относится к неподрессоренной массе автомобиля, вызывающей передачу собственных колебаний поддрессоренным частям (кузову).

Рассмотрим следующий пример:

Пусть два тела примерно одинаковой по величине массы подвешены на нитях и соединены между собой достаточно податливой пружиной (см. рисунок 1.2а).

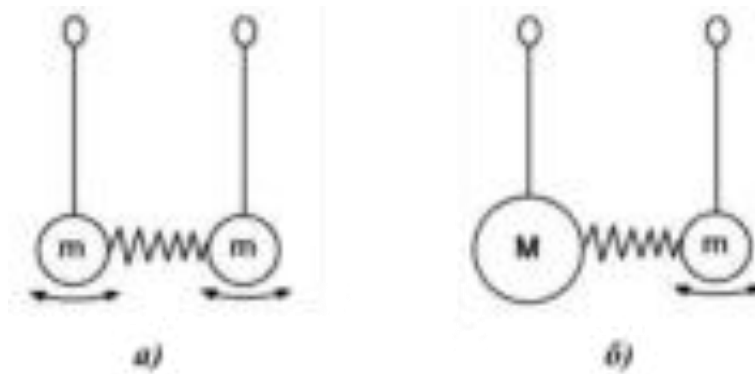


Рисунок 1.2 – Взаимодействие масс, соединенных упругим элементом.

Если одному из тел придать колебательные движения, то второе тело под действием пружины так же начнет раскачиваться. Следовательно, если две соизмеримые по величине массы связать пружиной, колебание одного тела передастся другому телу.

Если же масса одного из тел значительно превышает массу другого тела (см. рисунок 1.2б), то колебание первого не вызовет раскачку второго. Отсюда вывод: необходимо по возможности снизить массу неподрессоренных частей автомобиля (ось, мост, колесные диски, тормозные механизмы, рессоры и т.д.). Только в этом случае можно обеспечить сравнительно высокий комфорт при использовании рессорной подвески.

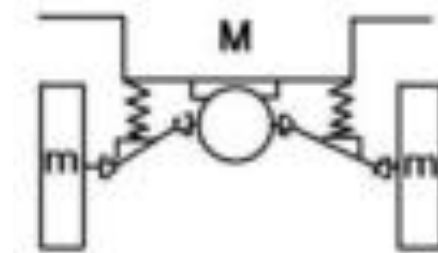


Рисунок 1.3 – Оптимизация распределения масс на автомобиле.

Одним из способов снижения массы неподрессоренных деталей является крепление редуктора ведущего моста к кузову автомобиля (см. рисунок 1.3). В этом случае часть узлов неподрессоренной массы можно отнести к поддрессоренной части автомобиля. Масса кузова увеличивается при значительном снижении массы ходовой части. Это, несомненно, увеличит комфорт при движении автомобиля.

Вначале рассмотрим подвеску колес грузового автомобиля, снабженного рессорными упругими элементами.

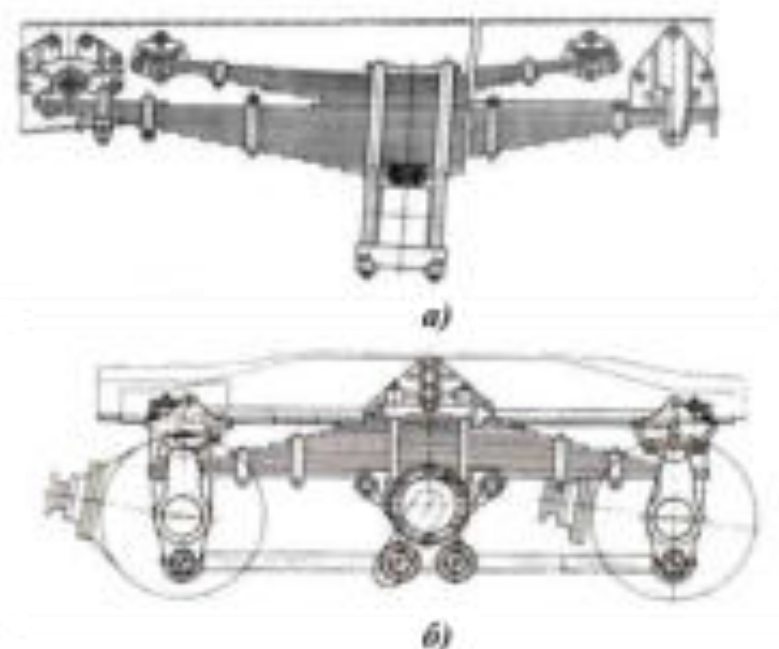


Рисунок 1.4 – Простая рессорная и балансирная рессорная подвеска моста грузового автомобиля.

На рисунке 1.4а можно увидеть, что основная и дополнительная рессоры с помощью стремянок прикреплены к балке оси автомобиля. Основная часть веса рессор будет отнесена к неподдресоренной массе (ведущей оси автомобиля), поэтому при наезде колес оси на неровности дороги кузов автомобиля будет раскачиваться, так как неподдресоренная масса соизмерима по величине с поддресоренной массой.

Рассмотрим конструкцию балансирной подвески трехосного грузового автомобиля (см. рисунок 1.4б). Рессора при помощи стремянных болтов крепится к оси балансирной подвески. Основной вес рессоры в этом случае будет отнесен к поддресоренной массе. Оси мостов автомобиля опираются на удаленные от середины части рессорных листов. Такая конструктивная схема позволяет значительно снизить влияние неровностей дороги на перемещение кузова автомобиля, так как при наезде колеса на кочку перемещение рамы (кузова) составляет в два раза меньшую величину, чем при прямом соединении оси с рессорой.

Передняя часть рессоры шарнирно прикреплена к раме грузового автомобиля или к лонжерону кузова легкового автомобиля, а задняя часть (см. рисунок 1.5а) присоединена к раме с помощью серьги, которая компенсирует удлинение рессоры при восприятии нагрузки. Без нагрузки рессора представляет собой дугу, а при восприятии нагрузки эта дуга распрямляется, при этом меняется положение серьги относительно рамы.

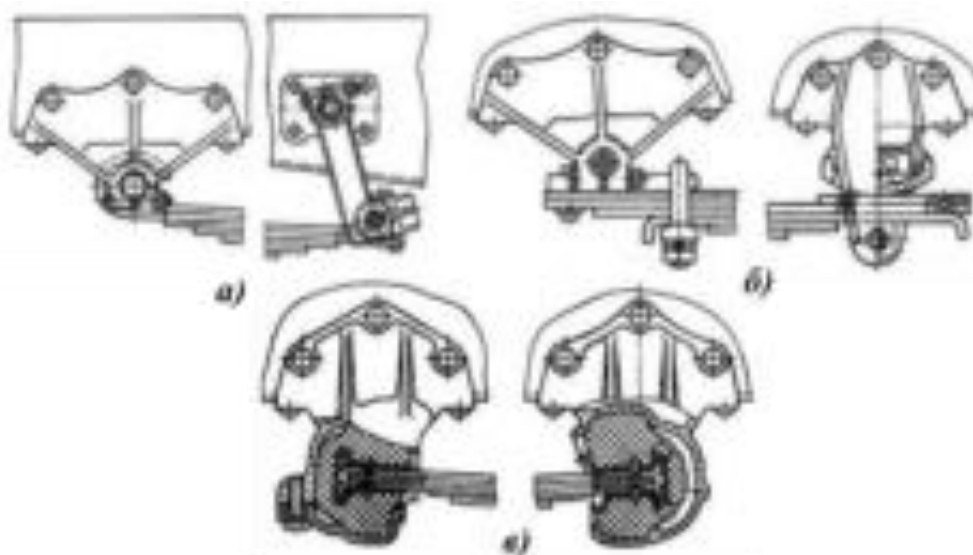


Рисунок 1.5 – Способы крепления рессор к раме автомобиля.

На большегрузных автомобилях подвижный конец рессоры крепится к раме через сухарь (см. рисунок 1.5б). Недостатком этой схемы соединения является высокое трение в зоне контакта сухаря с рессорой и повышенный шум при движении автомобиля. Во избежание износа верхнего листа рессоры, к нему приклепывают сменную пластину из износостойкого материала.

Для снижения шума при движении автомобиля рессоры могут крепиться к кронштейнам через специальные резиновые подушки (см. рисунок 1.5в). Эти подушки, деформируясь, компенсируют удлинение рессоры при загрузке автомобиля.

1.2.2 Пружины

Пружины компактнее рессор, легче вписываются в конструкцию автомобиля и являются наиболее распространенным упругим элементом подвески

легковых автомобилей.

Поскольку пружины воспринимают только вертикальную нагрузку, в подвеске, оснащенной таким типом упругих элементов, обязательно устанавливаются направляющие элементы – рычаги, штанги, которые шарнирно соединяют колеса с кузовом и передают возникающие при движении реакции. На рисунке 1.6 показано расположение упругих пружинных элементов и целого набора тяг на задней полужесткой оси зависимой подвески легкового автомобиля ВАЗ.

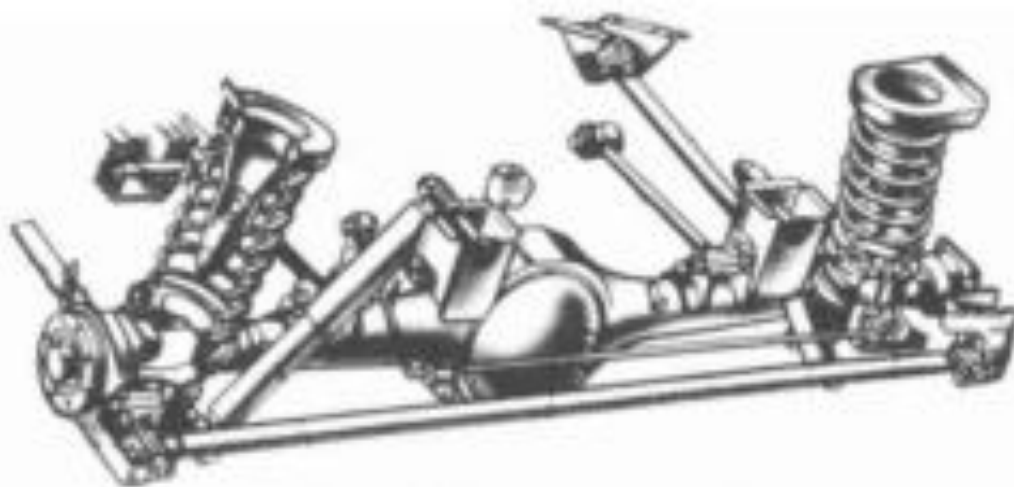


Рисунок 1.6 – Подвеска ведущего моста легкового автомобиля.

В настоящее время на легковых автомобилях жесткая неразрезная ось устанавливается только сзади. Подвеска неразрезной жесткой оси называется зависимой, так как при наезде одного из колес на неровность, второе колесо оси так же меняет свое положение относительно кузова.

Независимой подвеской называется такой тип соединения колеса с кузовом автомобиля, при котором колеса одной оси соединены между собой разрезной или полужесткой осью. Полужесткой осью называют ось автомобиля, которая способна подвергаться деформации на скручивание.

Применение независимой подвески колес автомобиля примечательно тем, что наезд одного из колес одной оси на неровность дороги не вызывает отклонение второго колеса этой оси от его первоначального положения (см. рисунок 1.7). Конечно же, данный тип подвески наиболее рационален, так как автомобиль меньше трясет на неровностях дороги, однако конструкция этого

типа подвески значительно сложнее и дороже в изготовлении, обслуживании и ремонте. Независимую подвеску крайне редко применяют совместно с рессорой. Чаще вы встретите данный тип подвески совместно с пружинным, пневматическим или гидропневматическим упругим элементом.

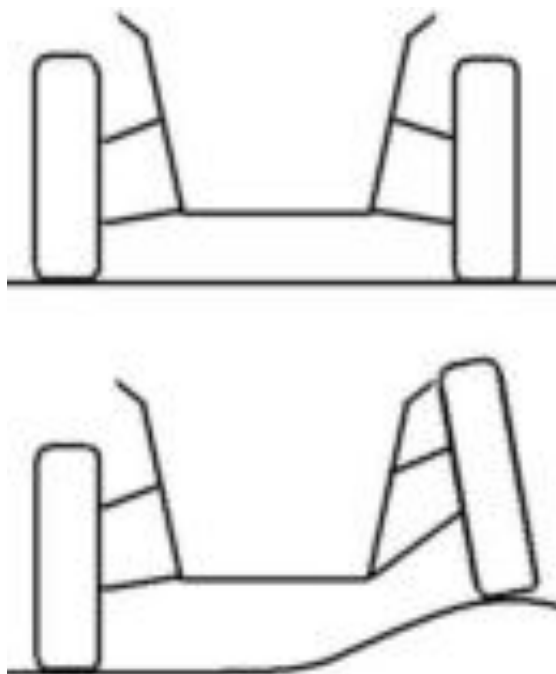


Рисунок 1.7 – Схема работы независимой подвески колес автомобиля.

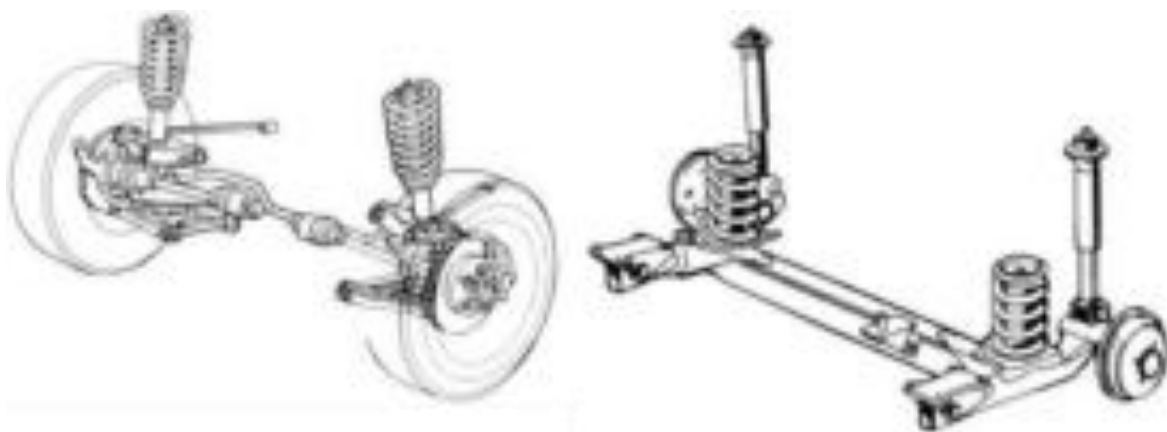


Рисунок 1.8 – Применение пружинных упругих элементов в подвеске колес легковых автомобилей.

Зависимая подвеска колес в основном применяется на неразрезных осях автомобиля, например, подвеска заднего моста классики ВАЗ-2106 или ВАЗ-2107, часто зависимая подвеска применяется и на внедорожниках, например, ВАЗ-2121. Независимая подвеска колес применяется на автомобилях повышенной комфортности, не предназначенных для езды в условиях бездорожья.

Независимая подвеска с упругим пружинным элементом может устанавливаться как на передней ведущей оси, так и на задней ведущей оси автомобиля.

Рассмотрим варианты применения различных упругих элементов в зависимой и независимой подвеске колес автомобиля.

Довольно часто на легковых автомобилях применяются пружинные упругие элементы на передней управляемой оси и на задней поддерживающей оси автомобиля. На передней управляемой оси поворотный кулак со ступицей колеса через треугольные рычаги связан с кузовом автомобиля или с несущей балкой. Крутящий момент передается через ШРУСы (шарниры равных угловых скоростей). На задней оси ступицы колес закреплены на полужесткой балке. В качестве упругого элемента на передней оси применяются телескопические стойки с пружиной и амортизатором, расположенном внутри стойки, а на задней оси амортизаторы установлены вне пружины. В автомобилях с передним приводом телескопические стойки упираются в верхние треугольные рычаги. Это необходимо для того, чтобы освободить место для привода к ведущим колесам.

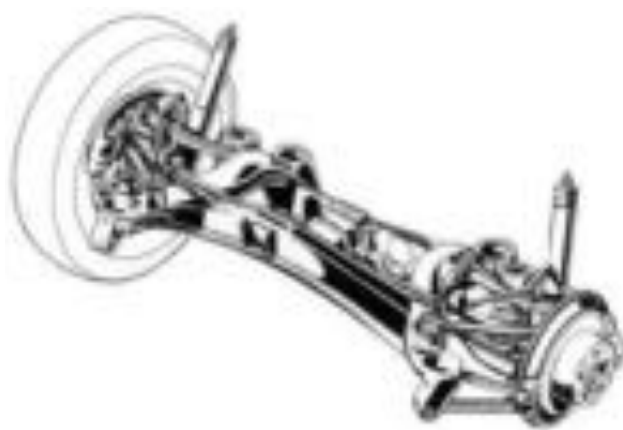


Рисунок 1.9 – Многорычажная подвеска автомобиля Mercedes-Benz.

На автомобилях высоких потребительских свойств (высокой комфортности) вы можете встретить независимую многорычажную подвеску колес как задней, так и передней оси автомобиля (см. рисунок 1.9). При случае присмотритесь, как наклоняется переднее управляемое колесо автомобиля Mercedes Benz при повороте рулевого колеса. Это заслуга сложной многорычажной кон-

струкции передней подвески. Наличие большого количества рычагов, с помощью которых ступица колеса связана с несущей балкой, позволяет колесу, наехавшему на выступ дороги перемещаться в вертикальной плоскости только одному из колес оси независимо от другого. Упругим элементом в этой подвеске является пружина, которая установлена между нижним силовым рычагом и несущей балкой. Установка пружины между нижним рычагом и несущей балкой позволяет снизить нагрузку на кузов автомобиля, однако в заднеприводном автомобиле возникает большая трудность подвода крутящего момента к колесу.

1.2.3 Торсионные упругие элементы

Торсионы могут быть набраны из стальных полос, либо выполнены в виде шлифованного цилиндрического стержня. Располагаться торсионные валы могут как вдоль оси корпуса автомобиля, так и поперек.

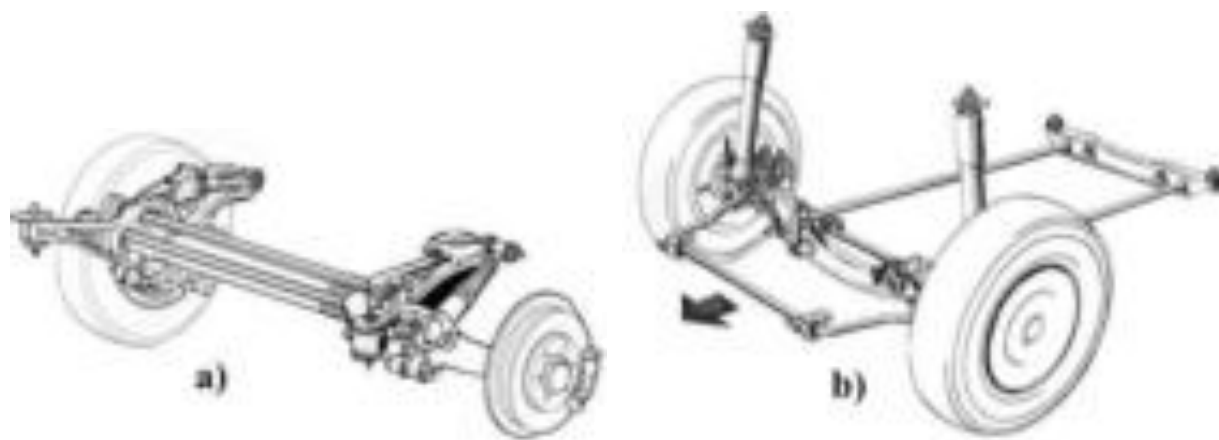


Рисунок 1.10 – Применение торсионных упругих элементов на поддерживающей а и управляемой б оси легкового автомобиля.

Изображенная на рисунке 1.10а задняя поддерживающая ось легкового автомобиля позволяет каждому из колес оси при наезде на препятствие перемещаться в вертикальной плоскости, независимо от положения другого колеса, следовательно, такую конструкцию можно смело отнести к независимой подвеске. Ступица колеса установлена на маятниковом рычаге, соединенном

с поперечной балкой через подшипник. В качестве упругого элемента используется торсионный вал круглого сечения, работающего на скручивание. Амортизатор установлен между маятниковым рычагом колеса и кронштейном, с помощью которого ось крепится к кузову автомобиля. Такая конструкция подвески колес получила название «ножничной».

Преимуществом применения торсионного упругого элемента является удобство его расположения на автомобиле, кроме того, на кузов автомобиля не действуют высокие усилия, как это происходит в случае применения рессоры или пружины. При одинаковой с пружиной массе, торсионы способны воспринимать втрое большую нагрузку, чем пружина. Однако широкое применение в автомобилестроении торсионные валы не находят из-за высокой сложности изготовления торсионного вала. На поверхности торсионного вала не должно быть никаких рисок, являющимися концентраторами напряжения и, как следствие, способствующие разрушению нагруженного торсионного вала. Наиболее часто торсионные валы в качестве упругого элемента подвески применяют французские производители автомобилей. Наличие жесткой промежуточной трубы не делает подвеску «зависимой», так как маятниковые рычаги, шарнирно соединенные с промежуточной трубой через подшипниковые узлы, которые обеспечивают свободное перемещение маятникового рычага только в вертикальной плоскости, удерживая его от смещения в поперечном направлении.

Передняя управляемая ось автомобиля, снабженного торсионным упругим элементом, расположенным вдоль кузова автомобиля - однорычажная. Это значит, что поворотный кулак крепится к балке переднего моста через один рычаг. В качестве второго рычага используется довольно жесткий стабилизатор поперечной устойчивости. Амортизатор установлен между поворотным кулаком и кузовом автомобиля.

Преимущество такого упругого элемента – компактность конструкции.

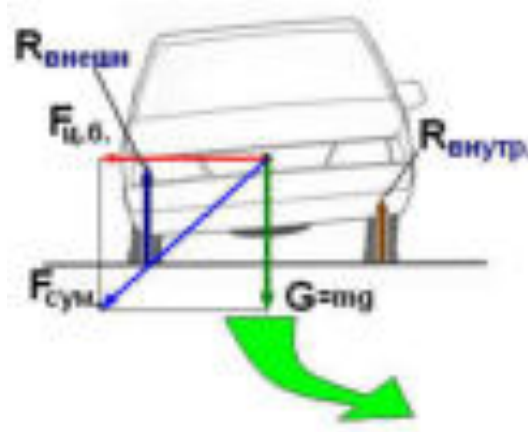
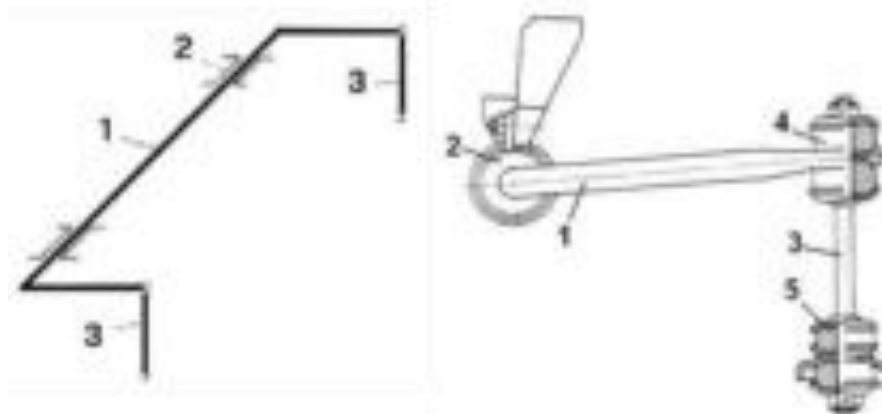


Рисунок 1.11 – Действие внешних сил на автомобиль, совершающий левый поворот.

Рассмотрим действие сил на автомобиль, совершающий поворот на высокой скорости (см. рисунок 1.11). При повороте центробежная сила $F_{ц.б.}$, приложенная к центру тяжести автомобиля, образует опрокидывающий момент вокруг оси, проведенной через две крайние точки пятен контакта колес с дорогой. Опрокидывающий момент вызывает крен автомобиля, так как дальняя от центра поворота подвеска испытывает большую нагрузку $R_{внешн}$ и упругие элементы внешней стороны сжимаются больше. Упругие элементы внутренней стороны, напротив, подвергаются меньшему нагружению $R_{внутр.}$, поэтому колеса внутренней стороны своими упругими элементами отталкиваются от кузова, разжимая подвеску, тем самым ещё больше увеличивая крен кузова. Перед конструкторами стала задача, как сделать упругие элементы внутренней стороны более податливыми, увеличив жесткость упругих элементов внешней стороны. В подвеску колес был включен П-образный упругий элемент, расположенный поперек кузова и связывающий два противоположных элемента подвески колес одной оси (см. рисунок 1.12). П-образный упругий элемент 1 прикреплен через шарнирные опоры 2 к кузову автомобиля. Два плеча этого упругого элемента тягами 3, через резиновые уплотнения 4 и 5 соединены с рычагом подвески колес автомобиля. При крене автомобиля, вызванного центробежной силой или движением на косогоре, пружина подвески колеса, наиболее удаленного от центра поворота, или расположенного ниже,

сжимается, а противоположная пружина этой же оси распрямляется. В результате крена плечо стабилизатора, расположенного ближе к внешнему колесу, или колесу, расположенному ниже уровня автомобиля, перемещается вверх, а другое плечо - вниз, закручивая стабилизатор. Так как стабилизатор поперечной устойчивости сделан из пружинной стали, усилие, необходимое для упругой деформации стабилизатора, препятствует крену кузова, пытаясь восстановить горизонтальное положение кузова.



1 – П-образный упругий элемент; 2 – Поддерживающие опоры стабилизатора; 3 – Вертикальная стойка; 4 и 5 – Резиновые подушки.

Рисунок 1.12 – Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля.

Для обеспечения бесшумной работы стабилизатор прикреплен к кузову автомобиля через резиновые втулки 2, сам стабилизатор поперечной устойчивости своими проушинами крепится к вертикальной стойке 3 через резиновые подушки 4. Нижняя часть вертикальной стойки 3 прикреплена к рычагу подвески через резиновые подушки 5. На обоих концах вертикальной стойки нарезана резьба. Верхние и нижние резиновые подушки прижаты к штанге и рычагу гайками.

Износ резиновых втулок 2 стабилизатора поперечной устойчивости приводит к ударам стабилизатора по корпусу автомобиля. При сервисном обслуживании автомобиля обязательно проверьте состояние всех резиновых элементов, соединяющих стабилизатор с кузовом и рычагами подвески.

1.2.4 Упругие пневматические элементы

Пневматические баллоны нашли широкое применение в качестве упругого элемента на грузовых автомобилях, прицепах и полуприцепах, а также автобусах. На легковых автомобилях такой тип упругого элемента стал применяться только в последние десятилетия, когда фирма Audi, Mercedes-Benz и BMW занялись проблемой создания активной подвески с возможностью изменения дорожного просвета.

1.2.4.1 Пневматическая подвеска грузового автомобиля и автобуса

Все чаще вместо рессор на грузовых автомобилях и автобусах стали применять упругие пневматические резинокордные элементы. Преимущества этих элементов очевидно: компактность конструкции, значительно меньший по сравнению с рессорой вес, высокая надежность, хорошая реакция как на большие, так и на малые толчки со стороны неровностей дороги. Но все же самое главное – возможность регулировки высоты погрузочной площадки грузового автомобиля, или уровня пола в автобусе.

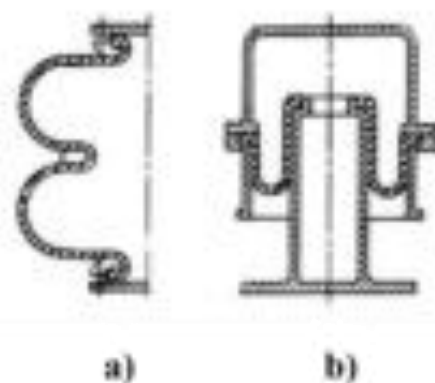


Рисунок 1.13 – Резинокордные упругие пневматические элементы грузовых автомобилей, автобусов и грузовых прицепов.

Статическое давление воздуха в пневмобаллонных элементах (см. рисунок 1.13а) составляет 5-6 кгс/см², а в диафрагменных (см. рисунок 1.13б) 7-15

кГс/см². У пневмобаллона усилие на ходе сжатия растет, увеличивается внутреннее давление и, следовательно, его жесткость. Пневматический баллон компактен, герметичен и долговечен. Однако, как и в случае применения пружинного элемента, в подвеске с пневматическими упругими элементами требуется установка направляющих элементов. Для восприятия продольных и боковых сил, а так же моментов сил, возникающих при разгоне и торможении, применяются сложные направляющие устройства. В комбинированных рессорно-пневматических подвесках (см. рисунок 1.14а) рессоры играют роль направляющего устройства, воспринимающего большие вертикальные и горизонтальные нагрузки, моменты сил, возникающие при разгоне и торможении автомобиля. Пневматический баллон воспринимает вертикальные нагрузки и «сглаживает» мелкие неровности, которые не может погасить рессора из-за трения между её листами.

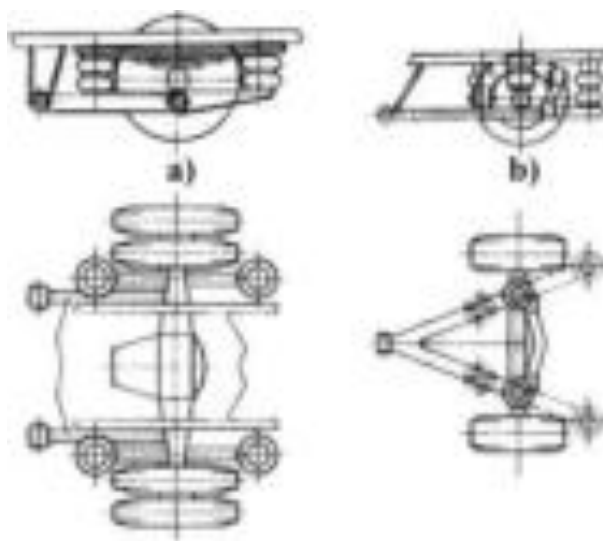


Рисунок 1.14 – Конструкция подвески, ведущей и поддерживающей осей, снабженных пневматическими упругими элементами.

Наиболее перспективной конструкцией является подвеска, снабженная А-образным рычагом (см. рисунок 1.14b) с двумя поперечными тягами. Такая конструкция справляется как с продольными и поперечными силами, так и с моментами сил, возникающих при разгоне и торможении. Шесть пневматических баллонов, установленных в данной подвеске, способны погасить колебания различной амплитуды. Для уменьшения поперечного крена автомобиля

под действием боковых сил при недостаточной угловой жесткости на автомобилях устанавливаются стабилизаторы поперечной устойчивости, препятствующие крену автомобиля в повороте.

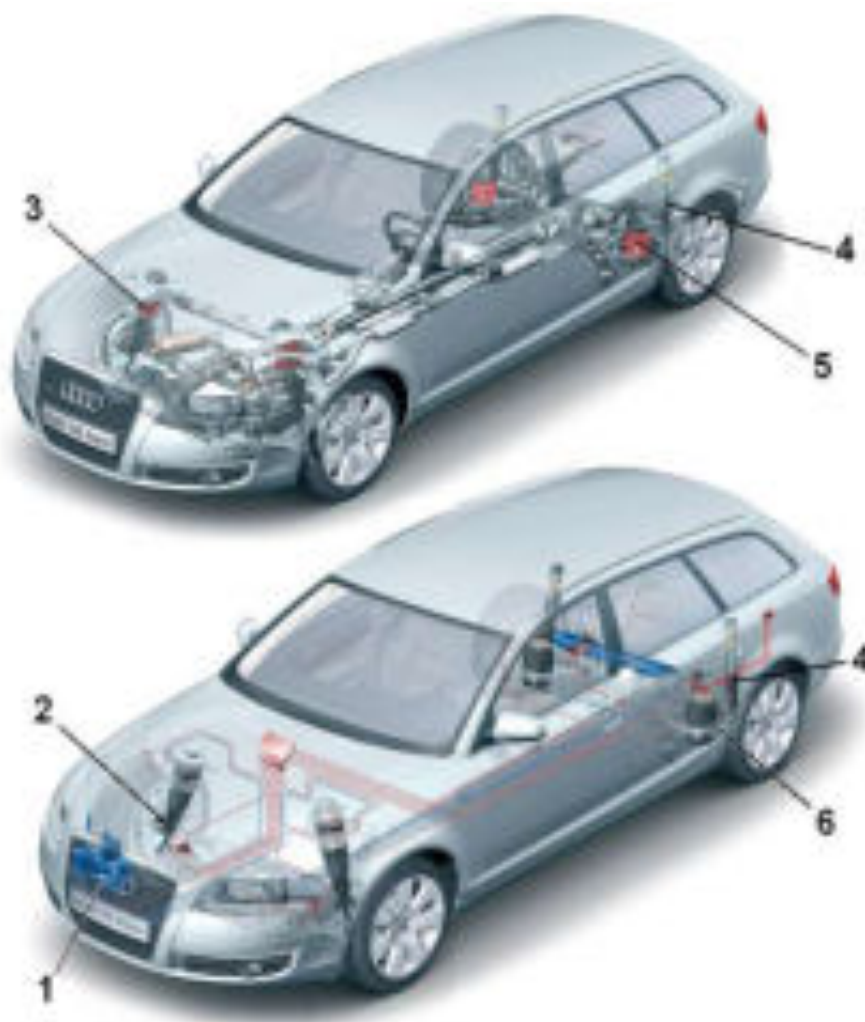
Применение упругих пневматических элементов в подвеске грузовых автомобилей, прицепов и полуприцепов стало обязательным условием при транспортировке опасных грузов.

1.3 Адаптивная подвеска колес легкового автомобиля

Упругие пневматические элементы в легковых автомобилях нашли применение сравнительно недавно. Подвигло на это конструкторов желание сделать автомобиль ещё комфортнее и безопасней. Широкое внедрение электроники позволило не только поменять пружины на пневматические резинокордные баллоны, но и сделать подвеску активной. Активность пневматической подвески заключается в следующем:

- По желанию водителя или в автоматическом режиме по мере увеличения нагрузки подвеска может получить дополнительную жесткость;
- Активная подвеска дает возможность менять величину дорожного просвета, как по желанию водителя, так и в автоматическом режиме в зависимости от скорости движения автомобиля и состояния дорожного полотна;
- Поворот автомобиля, имеющего пружинные или рессорные упругие элементы, сопровождается его креном. Активная пневматическая подвеска способна препятствовать крену, меняя жесткость упругих пневматических элементов по разным бортам автомобиля;
- При интенсивном разгоне или торможении обычный автомобиль получает дифферент, то есть «клюёт носом» при торможении, или «проседает» задняя часть при разгоне. Активная подвеска исправляет это положение, меняя жесткость упругих пневматических элементов, установленных на передней или на задней оси автомобиля.

Впервые активная подвеска появилась на автомобилях Citroen, но подвеска этого автомобиля – гидропневматическая, то есть сжатый газ играл роль упругого элемента, а управление жесткостью и препятствие крену задавалось гидравликой.

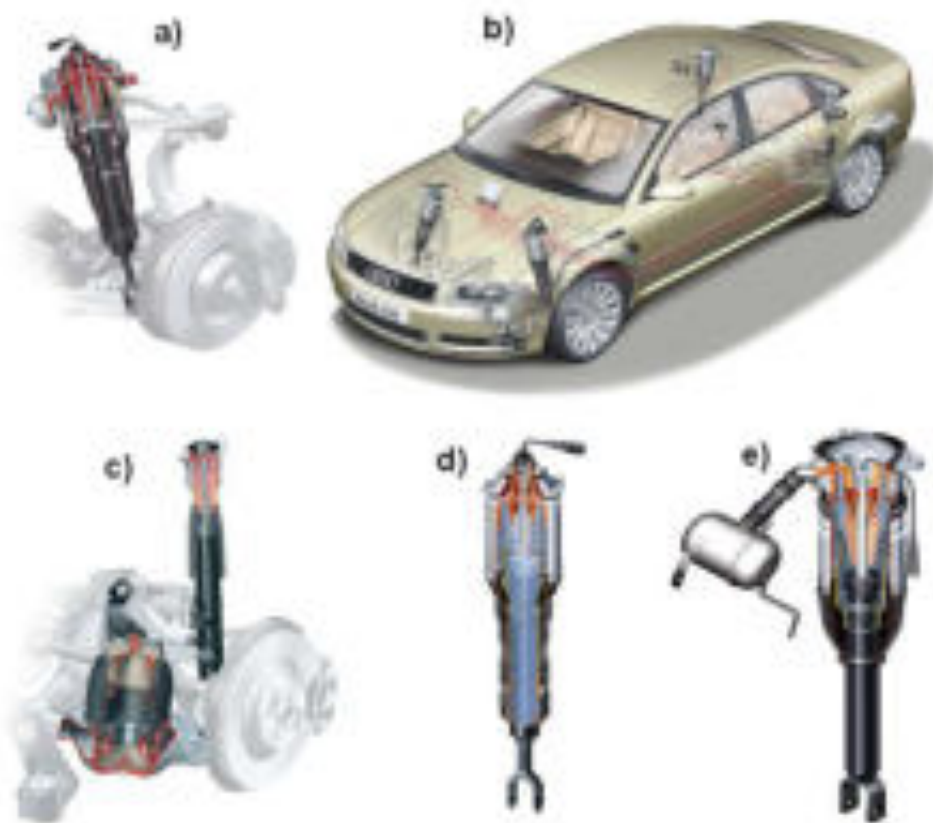


1 – компрессор с блоком распределительных клапанов; 2 – передняя стойка с пневматическим упругим элементом и активным амортизатором; 3 – передняя стойка с пружинной подвеской; 4 – задний амортизатор; 5 – пружинный упругий элемент задней подвески; 6 – пневматический упругий элемент задней подвески.

Рисунок 1.15 – Сравнение обычной пружинной подвески с пневматической.

На рисунке 1.15 показаны те незначительные переделки автомобиля, которые позволили внедрить пневматику в подвеску легкового автомобиля.

Вместо пружинных амортизационных стоек 3 на переднюю ось устанавливаются упругие пневматические элементы со встроенным в стойку 2 амортизаторами. Вместо пружины 5, расположенной между кузовом и задним рычагом, устанавливаются пневматические резинокордные баллоны 6. Амортизаторы 4 в задней подвеске оставили на том же месте.



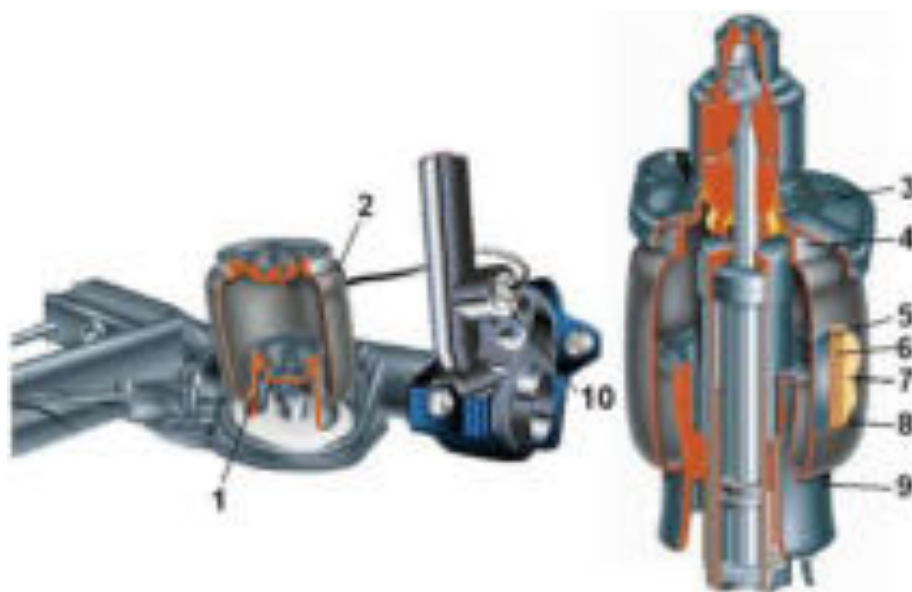
a) – пневматический упругий элемент передней подвески; b) – компоновка автомобиля с пневматическими упругими элементами; c) – задняя подвеска с выносным пневматическим резинокордовым баллоном; d) – задняя стойка с пневматическим упругим элементом регулируемой жесткости; e) – задняя стойка с пневматическим упругим элементом регулируемой жесткости и дополнительным выносным объемом.

Рисунок 1.16 – Применение пневматических упругих элементов различной конструкции в активной подвеске автомобиля.

Упругий элемент передней подвески (см. рисунок 1.16a) заключен в алюминиевый цилиндр, внутри которого расположен газонаполненный амортизатор. Для предотвращения скопления грязи между цилиндром и упругим

элементом, область между направляющим поршнем и цилиндром закрыта гофрированной манжетой. Манжету можно заменить во время сервисного обслуживания автомобиля, упругий пневматический элемент или амортизатор по отдельности замене не подлежат. В случае неисправности какого-либо элемента пневматическая стойка заменяется в сборе.

В задней подвеске упругий элемент может располагаться как отдельно от амортизатора (см. рисунок 1.16с), так и в составе амортизационной стойки. Причем стойка, изображенная на рисунке 1.16d мало отличается от стойки передней оси. Для обеспечения большего полезного объема багажника и оптимальной погрузочной ширины упругие элементы задней подвески должны иметь минимально возможный диаметр, но для обеспечения комфорта требуется довольно значительный объем воздуха. Для разрешения данного противоречия используется дополнительный объем воздуха (сосуд), соединенный с упругим пневматическим элементом.



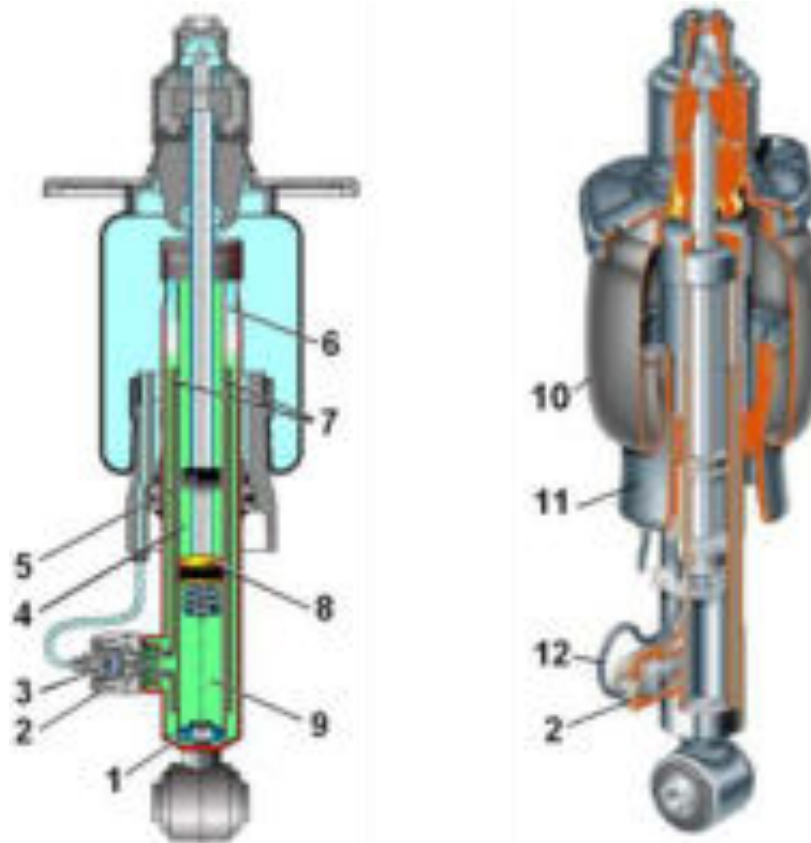
1 – поршень резинокордной камеры; 2 – резинокордная камера задней подвески; 3 – верхняя опора амортизационной стойки; 4 – предохранительное кольцо; 5 – внутренний резиновый слой; 6 и 7 – тканевый эластичный корд камеры; 8 – наружный резиновый слой; 9 – поршень резинокордной камеры передней стойки; 10 – пневматический клапан жесткости заднего амортизатора.

Рисунок 1.17 – Устройство пневматических упругих элементов легкового автомобиля.

Каждый упругий элемент снабжен клапаном поддержания остаточного давления, установленного на пневматическом вводе каждой амортизационной стойки. Наличие клапана позволяет обеспечивать минимальное давление около 3,5 бар (кг/см²), исключая возможность повреждения упругих пневматических элементов при их монтаже. Конструкция отдельно установленного упругого пневматического элемента задней подвески (см. рисунок 1.17а) не сложна. При увеличении нагрузки поршень 1, прикрепленный к рычагу подвески колеса двигателя вверх, сжимая воздух, заключенный в камере 2. Резинокордная камера задней и передней камеры выполнена из нескольких слоев прорезиненной ткани (поз. 6 и 7 рисунка 1.17б), покрытой снаружи и изнутри слоями резины (поз. 5 и 8). Слои прорезиненного корда камер при их изготовлении укладываются крест на крест, поэтому камера получается прочной, но эластичной.

Камера, установленная в амортизаторной стойке, имеет приблизительно такую же конструкцию, но внутри поршня 9 такой камеры расположен корпус двухтрубного газонаполненного амортизатора. При увеличении нагрузки корпус амортизатора вместе с прикрепленным к нему поршнем камеры движется вверх, сжимая воздух, находящийся в резинокордной камере. Шток амортизатора закреплен в верхней опоре амортизаторной стойки 3, которая болтами крепится к чашке корпуса автомобиля. Для предотвращения повреждения камеры об опору в верхней части камеры установлено предохранительное кольцо 4.

На автомобилях устанавливают двухтрубные газонаполненные амортизаторы с непрерывной электрической регулировкой (continuous damping control = амортизаторы CDC). Двухтрубный газонаполненный амортизатор, установленный внутри стойки или вне её, может иметь пневматический регулятор жесткости его работы. Для примера рассмотрим устройство передней амортизаторной стойки, показанной на рисунке 1.18.

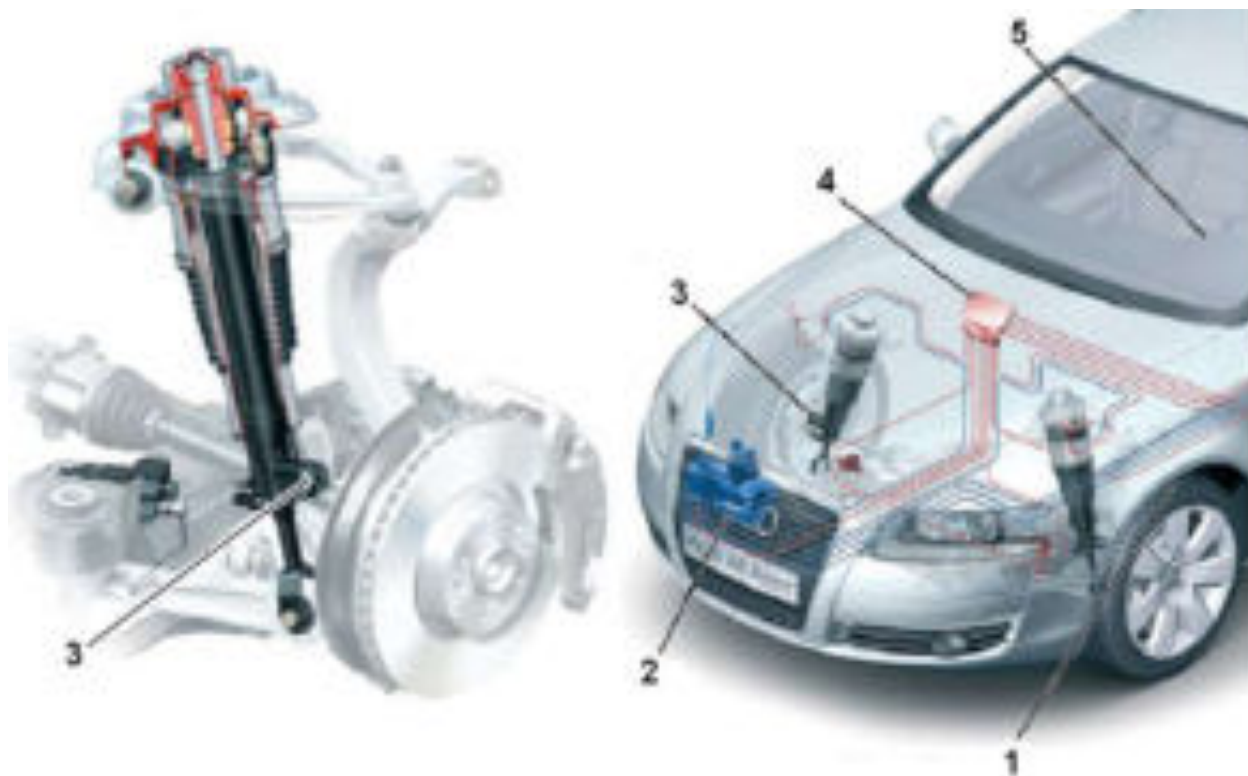


1 – донный клапан; 2 – корпус активного клапана; 3 – дроссель активного клапана; 4 – штоковая полость; 5 – резиновый буфер; 6 – газовая полость подпора; 7 – перепускные отверстия; 8 – поршень с перепускными клапанами; 9 – поршневая полость амортизатора; 10 – резинокордный баллон; 11 – поршень с дополнительной емкостью; 12 – соединительный шланг.

Рисунок 1.18 – Устройство амортизатора с пневматическим клапаном-регулятором жесткости.

Амортизатор – двухтрубный. Внутренний корпус амортизатора заполнен амортизаторной жидкостью. Внутри корпуса находится шток с поршнем 8, имеющим калиброванные перепускные отверстия. В нижней части корпуса установлен донный клапан, снабженный точно такими же калиброванными отверстиями, через которые жидкость может перетекать из штоковой полости 4 в поршневую полость 9, а также в компенсационную полость, находящуюся между внутренним и наружным корпусом. Компенсационная полость необходима, так как часть объема штоковой полости занята самим штоком, и из-

лишки масла необходимо перекачивать в компенсационную полость. В верхней части компенсационной полости расположена газовая полость 6, заполненная сжатым азотом. Азот применяют для предотвращения пенообразования при смешивании его с маслом. Воздух в смеси с амортизаторной жидкостью в отличие от азота дает обильную пену.



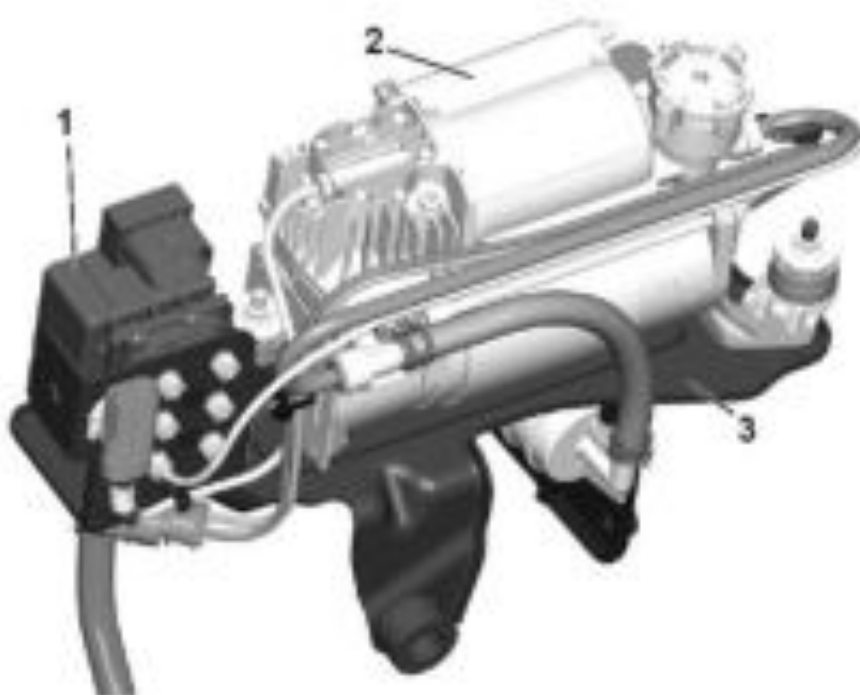
1 – расположенные в колесной нише датчики перемещения подвески и кузова; 2 – компрессор с блоком распределительных электромагнитных клапанов; 3 – пневматический клапан регулирования жесткости амортизатора; 4 – электронный блок управления жесткостью подвески и регулирования дорожного просвета; 5 – расположенные на панели приборов органы управления жесткостью подвески и величиной дорожного просвета.

Рисунок 1.19 – Активная подвеска переднего колеса автомобиля.

Жесткость работы амортизатора определяется диаметром перепускных отверстий в поршне и донном клапане. Для обеспечения комфортной (более мягкой) работы амортизаторная стойка снабжена пневматически управляемым клапаном 2. Сжатый воздух из камеры 10 по трубке 12, подключенной к поршню 11 амортизаторной стойки, может поступать через дроссель 3 активного клапана. Подавая дополнительный воздух в камеру 10, обеспечивается

большая жесткость камеры, одновременно увеличивается и жесткость работы амортизатора.

Подача дополнительного воздуха в камеры амортизационных стоек производится по команде электронного блока управления 4 (см. рисунок 1.19), который использует показания датчиков перемещения амортизаторной стойки и кузова автомобиля, расположенных в колесной нише 1 автомобиля. Управление жесткостью подвески может производиться вручную с помощью органов управления, расположенных на панели приборов 5.



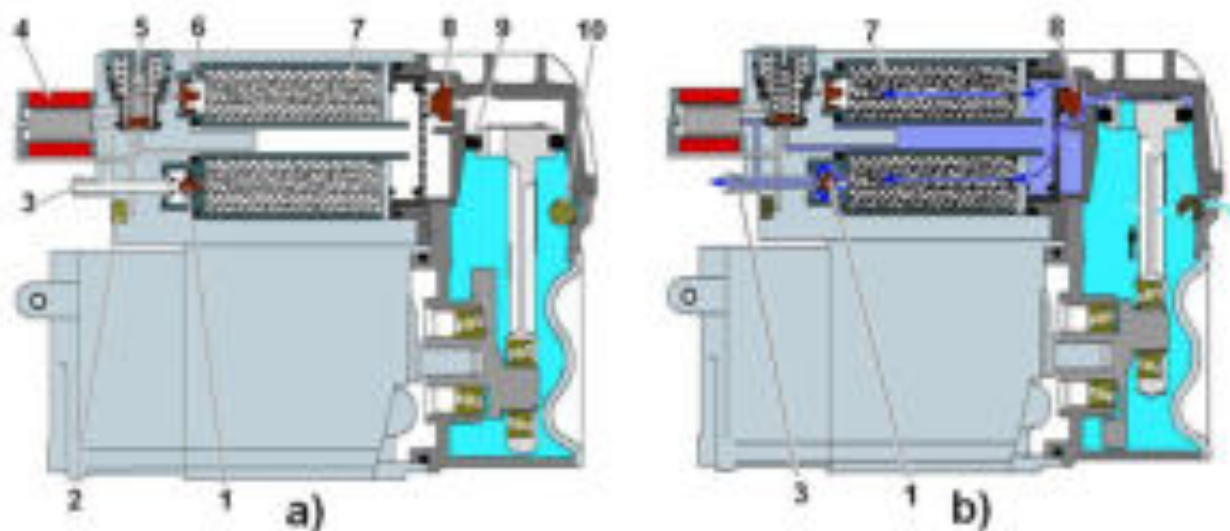
1 – блок электромагнитных клапанов; 2 – компрессор; 3 – основание с эластичными элементами крепления.

Рисунок 1.20 – Узел управления пневматическими упругими элементами подвески.

Для подготовки сжатого воздуха и его распределения по упругим элементам подвески на автомобиле установлен компрессорный узел 2, в состав которого был включен блок электромагнитных клапанов 1 (см. рисунок 1.20).

Компрессор – одно-поршневой, с электрическим приводом. На валу электрического мотора (см. рисунок 1.21) установлен кривошип, связанный через шатун с поршнем. При вращении вала электромотора поршень с кольцевым уплотнением 9 совершает возвратно-поступательное движение внутри

цилиндра. На поршне имеется пластинчатый впускной клапан, который при ходе поршня из верхней точки в нижнюю перепускает воздух из подпоршневого пространства в надпоршневое. В подпоршневое пространство воздух попадает через обратный клапан 10. а из надпоршневого пространства через обратный впускной клапан 8 воздух перекачивается через фильтр-осушитель 7, обратный клапан 1 и выпускной штуцер 3 в ресивер системы пневматического управления подвеской. С помощью электромагнитного клапана 4 и предохранительного клапана совмещенного с клапаном ограничения давления 5 производится регулировка объема поступающего в систему управления пневмоподвеской воздуха, а значит, и давления в этой системе.



а – такт впуска воздуха; б – такт сжатия воздуха; 1 – выпускной клапан; 2 – фильтр-шумопоглотитель; 3 – штуцер напорной магистрали; 4 – электромагнитный клапан управления компрессором; 5 – предохранительный клапан, совмещенный с клапаном ограничения давления; 6 – обратный клапан; 7 – воздушный фильтр-влагоотделитель; 8 – обратный впускной клапан; 9 – поршень с компрессионным уплотнением; 10 – обратный клапан впуска воздуха в подпоршневое пространство.

Рисунок 1.21 – Конструкция компрессора.

Блок электромагнитных клапанов (см. позицию 1 рисунка 1.20) по команде электронного блока управления подает воздух в пневматические камеры, а, следовательно, и в клапаны управления жесткостью амортизаторов,

управляя жесткостью подвески и величиной дорожного просвета.

1.3.1 Регулировка жесткости подвески.

Регулирование жесткости пневматической подвески производится изменением давления воздуха в упругих пневматических элементах. Система датчиков регистрирует перемещения подвески колес (неподдрессоренную массу) и колебания кузова (поддрессоренную массу), и на основании полученных сигналов определяется жесткость, соответствующая дорожным условиям и режиму движения. Для регистрации перемещений кузова в вертикальном направлении используются три датчика ускорения, размещенных в различных частях кузова.

Регулировка жесткости подвески может производиться: в ручном режиме по команде водителя (комфортный или спортивный тип подвески) и в автоматическом режиме, с учетом дорожных условий (состояния дорожного покрытия); скорости движения автомобиля; степени загрузки автомобиля; характера выполняемого маневра (трогание с места, торможение, прохождение поворота).



Рисунок 1.22 – Опрокидывающие моменты сил, действующие на автомобиль в продольной (b) и поперечной (a) плоскостях.

На автомобиль, совершающий разгон или торможение действует момент, образованный силой инерции, приложенной к центру тяжести автомо-

бия. Момент сил пытается совершить вращение вокруг оси, перпендикулярной продольной плоскости и проходящей через центр тяжести (см. рисунок 1.22). В результате разгона в передней части автомобиля увеличивается дорожный просвет, а в задней части дорожный просвет уменьшается. И, наоборот, при торможении дорожный просвет в передней части автомобиля уменьшается, а в задней – увеличивается. Воспрепятствовать дифференту можно, увеличив или уменьшив жесткость подвески соответственно передней или задней оси.

При повороте автомобиля возникает опрокидывающий момент сил вокруг продольной оси автомобиля. Увеличив жесткость подвески колес левого или правого борта можно воспрепятствовать крену автомобиля в повороте.

Препятствие крену или дифференту позволяет не только значительно повысить комфорт, но и улучшить сцепление колес автомобиля с дорожным покрытием при маневрировании.

1.3.2 Регулировка дорожного просвета

Регулировка дорожного просвета (клиренса) (см рисунок 1.23) возможна в двух вариантах:

Устанавливаемый по желанию водителя с пульта управления на панели приборов;

Адаптивный, в зависимости от скорости движения автомобиля.

Дорожный просвет может регулироваться по четырем режимам:

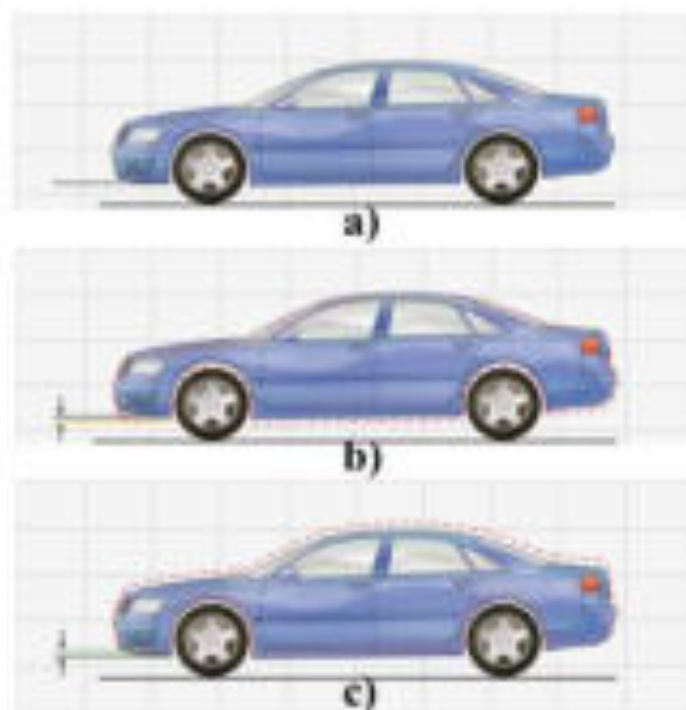
“automatic” – Базовый дорожный просвет (± 0 мм), при движении с высокими скоростями (-25 мм);

“comfort” – Базовый дорожный просвет (± 0 мм). Движение с высокими скоростями не изменяет величину дорожного просвета;

“dynamic” – Уменьшенный дорожный просвет (-25мм), движение с высокими скоростями (-25мм);

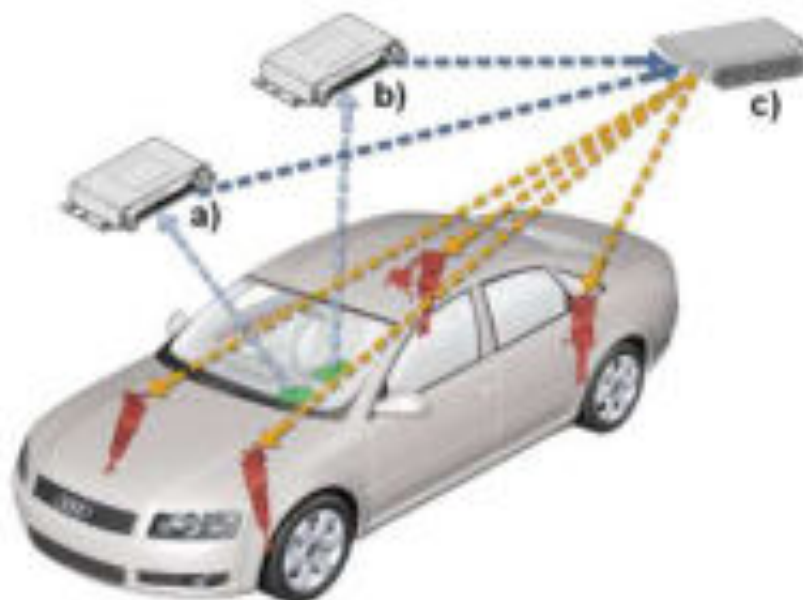
“lift” – Увеличенный дорожный просвет (+25мм), движение с высокими

скоростями устанавливается базовый дорожный просвет (± 0 мм).



a) – базовое положение кузова; b) – уменьшенный дорожный просвет; c) – увеличенный дорожный просвет.

Рисунок 1.23 – Регулировка дорожного просвета (клиренса).



a) – электронный блок управления торможением; b) – электронный блок управления активным рулем; c) – электронный блок управления активной пневматической подвеской.

Рисунок 1.24 – Система электронного управления активной пневматической подвеской.

Адаптивное регулирование дорожного просвета позволяет экономить топливо, особенно при движении на высоких скоростях, так как улучшается обтекаемость автомобиля и уменьшается его фронтальная площадь.

Регулирование жесткости подвески электронным блоком управления (см. позицию с) рисунка 1.24), производится после получения соответствующего согласования управляющих команд с электронными блоками управления торможением (позиция а), и электронным блоком управления активным рулем (позиция b) рисунка 1.24. Это позволяет принимать обоснованные решения на подачу управляющих команд на блок электромагнитных клапанов и клапан-регулятор давления воздуха, расположенный в компрессоре.

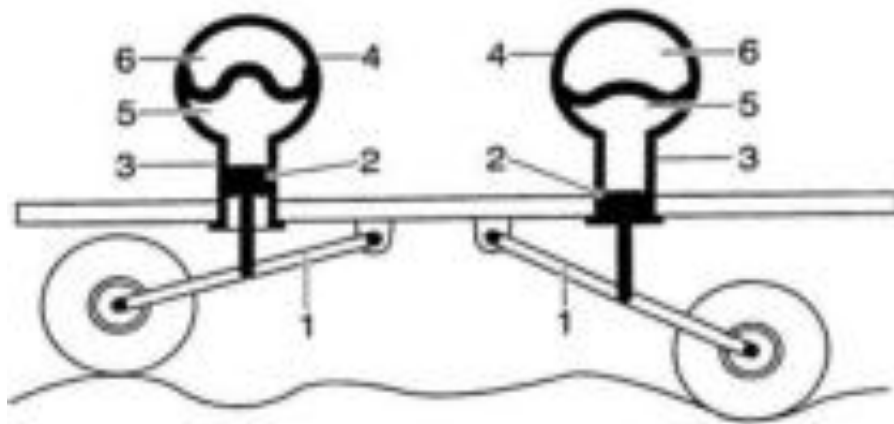
1.3.3 Упругие гидропневматические элементы

Принцип работы гидропневматической подвески заключается в следующем:

При езде по неровностям дороги колесо вместе с балансиром (поз 1 рисунка 1.25) меняет свое положение относительно кузова. К балансиру 1 шарнирно прикреплен поршень 2, который может перемещаться в цилиндре 3. Масло 5 под действием поршня 2 вытесняется из цилиндра 3 в аккумулятор 4, разделенный герметичной резиновой перегородкой на две полости. В верхней полости находится газ 6. Обычно используется азот (N_2), так как он обладает сравнительно высокой инертностью по отношению к металлам и резине и не вспенивает масло при непосредственном контакте с ним. Азот под действием давления масла сжимается, играя роль упругого элемента.

Разделительный клапан, установленный между цилиндром и аккумулятором, работает как амортизатор. В ходе сжатия (см. рисунок 1.26) масло, вытесняемое поршнем, открывает отверстия большого диаметра, поэтому в ходе сжатия поршень не испытывает значительного сопротивления перемещению. В ходе отбоя масло из аккумулятора перетекает через маленькие отверстия в

разделительном клапане, оказывая значительное сопротивление перемещению поршня. Таким способом гасятся колебания кузова автомобиля при его движении по неровностям дороги.



1 – маятниковый рычаг; 2 – поршень гидравлического цилиндра; 3 – гидравлический цилиндр; 4 – пневмогидравлический аккумулятор давления (буль); 5 – масло; 6 – газ.

Рисунок 1.25 – Кинематическая схема маятниковой подвески с гидропневматическими упругими элементами.

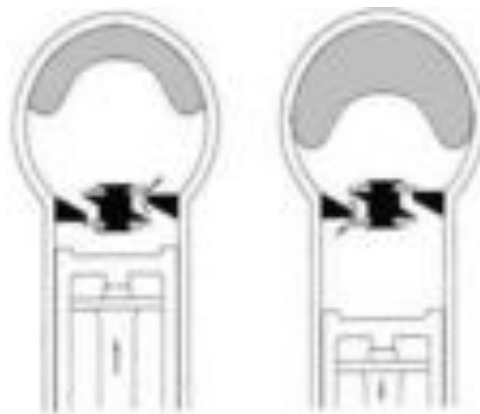
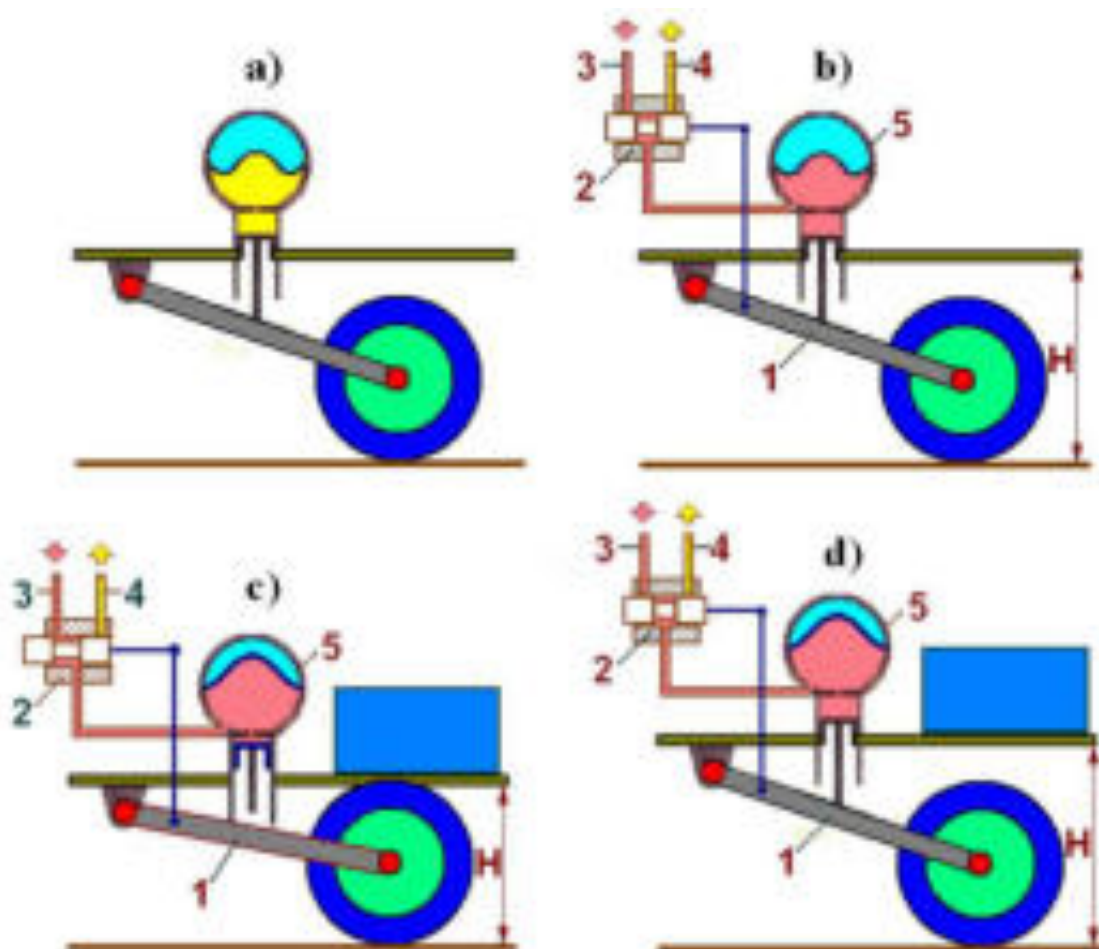


Рисунок 1.26 – Гидропневматический упругий элемент с совмещенной функцией амортизатора.

Рассмотрим механизм изменения жесткости гидропневматической подвески легкового автомобиля.

Обычная гидропневматическая подвеска, изображенная на рисунке 1.27а) при увеличении нагрузки на ось действует по простой схеме: поршень вытесняет часть жидкости в аккумулятор, где газ, отделенный мембраной от

жидкости сжимается, играя роль упругого элемента подвески. При этом, естественно, уменьшается величина дорожного просвета, и чем выше нагрузка, тем сильнее «проседает» автомобиль.



a) – простейшая нерегулируемая гидропневматическая подвеска; b) – регулируемая по нагрузке гидропневматическая подвеска в незагруженном состоянии; c) – после принятия нагрузки произошло уменьшение дорожного просвета (золотник открыл проход маслу в гидравлический цилиндр подвески); d) – адаптация по нагрузке (автомобиль вернулся в исходное состояние с первоначальным дорожным просветом); 1 – маятниковый рычаг подвески колеса; 2 – золотниковый механизм; 3 – напорная магистраль; 4 – сливная магистраль; 5 – гидропневматический сферический аккумулятор (буль).

Рисунок 1.27 – Адаптация гидропневматической подвески по нагрузке.

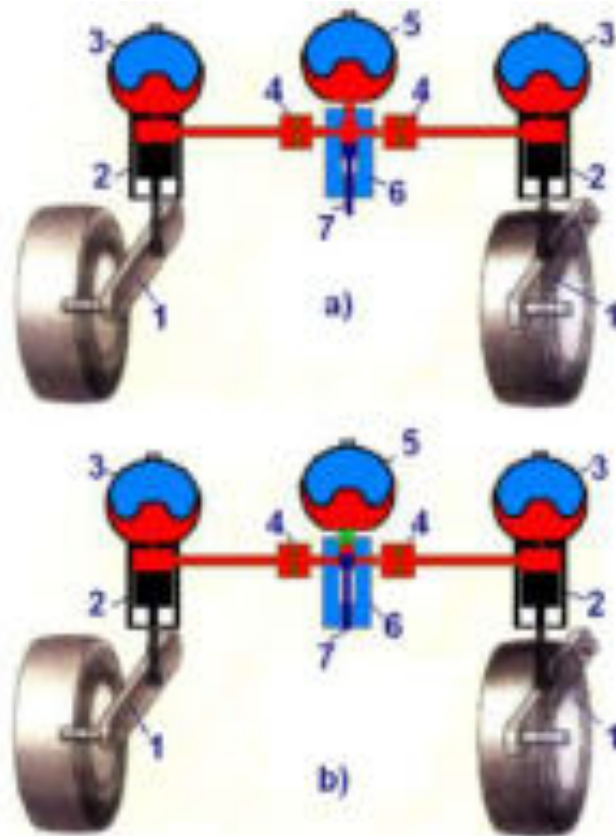
Впервые конструкторам фирмы Citroen пришла мысль сделать гидропневматическую подвеску адаптивной ещё в середине 50-х годов прошлого столетия.

На начальном этапе обошлись без электроники, применив гидравлический регулятор, имеющий механическую связь с подвеской колеса (см. рисунок 1.27b).

Как и прежде, после принятия нагрузки автомобиль «проседает», жидкость из цилиндра вытесняется, сжимая находящийся в сферическом аккумуляторе газ. Маятниковый рычаг 1 (см. рисунок 1.27c), соединенный через систему механических тяг с гидравлическим золотниковым механизмом 2, перемещает золотник, открывая доступ масла из напорной магистрали 3 в гидравлический цилиндр подвески. Жидкость выталкивает поршень из цилиндра, и маятниковый рычаг возвращается в исходное (до принятия дополнительной нагрузки) положение (см. рисунок 1.27d). Восстанавливается величина дорожного просвета, и одновременно увеличивается жесткость подвески, так как газ в сферическом аккумуляторе (буле) оказывается под большим давлением.

Принцип механического регулирования жесткости гидравлической подвески заключается в «изоляции» третьей дополнительной сферы (см. рисунок 1.28), когда необходимо достичь большей жесткости, и включение её в работу, если нужно настроить подвеску покомфортнее. Отключение дополнительного сферического элемента производится перемещением золотника 7 в гидравлическом распределителе 6 (см. рисунок 1.28b). Золотник 7 не только перекрывает доступ жидкости в дополнительный сферический аккумулятор, но и изолирует две амортизаторные стойки друг от друга. В режиме комфортной работы подвески два гидравлических цилиндра соединены между собой и с третьей дополнительной сферической камерой 5 через дроссели 4.

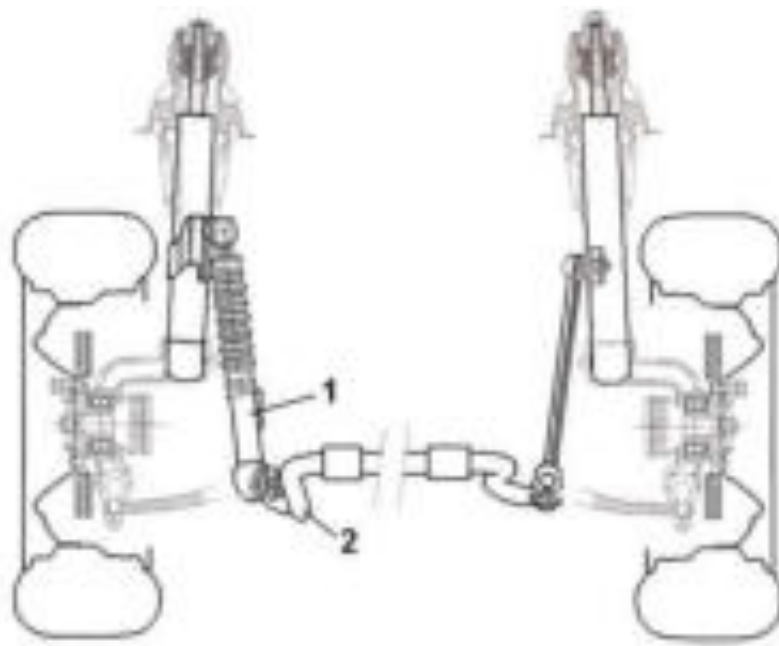
Увеличение жесткости подвески, то есть перемещение золотника в гидравлическом распределителе может происходить автоматически, после принятия автомобилем нагрузки, или по желанию водителя перемещением соответствующего рычажка, расположенного на кулисе переключения передач. Перемещая этот рычажок водитель может управлять и величиной дорожного просвета.



1 – маятниковый рычаг подвески колеса; 2 – гидравлический цилиндр амортизатора; 3 – гидропневматический упругий элемент; 4 – дроссель; 5 – дополнительный гидропневматический элемент; 6 – золотниковый механизм отключения среднего сферического упругого элемента; 7 – золотник.

Рисунок 1.28 – Увеличение жесткости подвески отключением средней дополнительной сферы.

Одной из причин аварий при выполнении поворотов на высоких скоростях является крен автомобиля, возникающий в результате приложения центробежной силы к его центру тяжести. Происходит срыв автомобиля с трассы из-за потери контакта с дорогой задним ближним к центру поворота колесом. Большая величина центробежной силы не позволяет стабилизаторам поперечной устойчивости эффективно препятствовать крену. Французские инженеры нашли выход из сложившейся ситуации, установив на каждой оси управляемые электроникой гидравлические цилиндры, воздействующие на стабилизаторы поперечной устойчивости автомобиля.



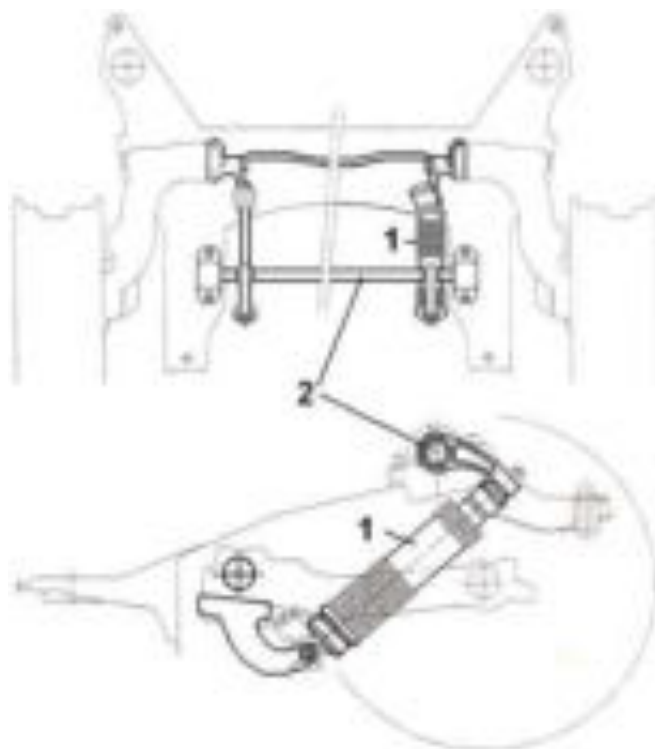
1 – гидравлический цилиндр; 2 – стабилизатор поперечной устойчивости передней оси.

Рисунок 1.29 – Конструкция узла активной гидропневматической подвески передней оси, препятствующей крену автомобиля в повороте.

На передней оси автомобиля (см. рисунок 1.29) вместо тяги, соединяющий стабилизатор поперечной устойчивости 2 с амортизаторной стойкой, установили гидравлический цилиндр 1. Мысленно представьте, что произойдет, если автомобиль приподнять на подъемнике и выдвинуть шток из гидравлического цилиндра, тем самым, увеличивая расстояние между его верхней и нижней головкой. Левое колесо, сжимая упругий элемент подвески, переместится вверх. А если автомобиль опустить на пол? Конечно же, автомобиль станет неровно, как бы немного накренившись на левый бок. Это будет немного напоминать наклон мотоциклиста при прохождении левого поворота. А если уменьшить расстояние между головками гидравлического цилиндра стабилизатор поперечной устойчивости получит напряжение кручения, но в противоположном направлении, при этом будет наблюдаться крен автомобиля на правый бок.

При прохождении поворотов мы сможем препятствовать крену, возникающему в результате приложения центробежной силы, во-первых, придав дополнительную жесткость стабилизатору поперечной устойчивости, во вторых,

предварительно накренив автомобиль в противоположную сторону.



1 – гидравлический цилиндр; 2 – стабилизатор поперечной устойчивости передней оси.

Рисунок 1.30 – Конструкция узла активной гидропневматической подвески задней оси, препятствующей крену автомобиля в повороте.

Немного иначе устроен узел регулировки жесткости стабилизатора поперечной устойчивости задней оси. Здесь (см. рисунок 1.30) гидравлический цилиндр установлен между кронштейном, прикрепленным к маятниковому рычагу подвески колеса и проушиной стабилизатора поперечной устойчивости. Увеличивая расстояние между головками гидравлического цилиндра можно придать стабилизатору дополнительную жесткость, предварительно скрутив его, одновременно перемещая правое заднее колесо вниз, то есть дальше от колесной ниши.

Теперь надо смоделировать ситуацию, происходящую, например, при левом повороте на высокой скорости.

Автомобиль в результате действия центробежной силы накренился вправо, следовательно, на правую переднюю и правую заднюю стойку будут действовать увеличившиеся силы сжатия. Напротив, левая передняя стойка,

как и левая задняя стойка, получают некоторую разгрузку. Упругие элементы левых колес отодвинут их от колесных ниш, увеличивая крен автомобиля. Возникнет риск отрыва заднего левого колеса от поверхности дороги. А если сжать левую переднюю стойку, чуть-чуть понизив переднюю часть автомобиля, направив масло под давлением в гидравлический цилиндр на передней оси, и, как бы придавая автомобилю обратный крен. А задним цилиндрам управления жесткостью стабилизатора, наоборот отодвинуть правое заднее колесо от колесной ниши. Риск отрыва заднего левого колеса исчезнет, как и значительно уменьшится крен автомобиля вправо.

При правом же повороте все будет происходить наоборот. Левое переднее колесо нужно отодвинуть от колесной ниши, сжав гидравлический цилиндр, а правое заднее колесо поджать, утопив в колесную нишу.

1.4 Направляющие элементы

Крутящий момент, передаваемый от двигателя на ведущие колеса (см. рисунок 1.31), создает между колесом и дорогой тяговое усилие (P_k), а на ведущем мосту возникает реактивный момент (M_p), который стремится повернуть ведущий мост в направлении, обратном направлению вращения колеса. Тяговое усилие (P_k), прилагаемое к ведущим колесам автомобиля, порождает толкающую силу (P_b), которая через подвеску воздействует на раму (кузов) автомобиля и приводит его в движение.

При торможении автомобиля на колесах автомобиля возникает тормозящая сила T , направленная в сторону, противоположную направлению движения автомобиля. Так как тормозной механизм крепится к балке моста, тормозная сила вызывает появление тормозного момента (M_T), который стремится повернуть мост автомобиля в направлении, совпадающем с направлением вращения колеса автомобиля при его движении.

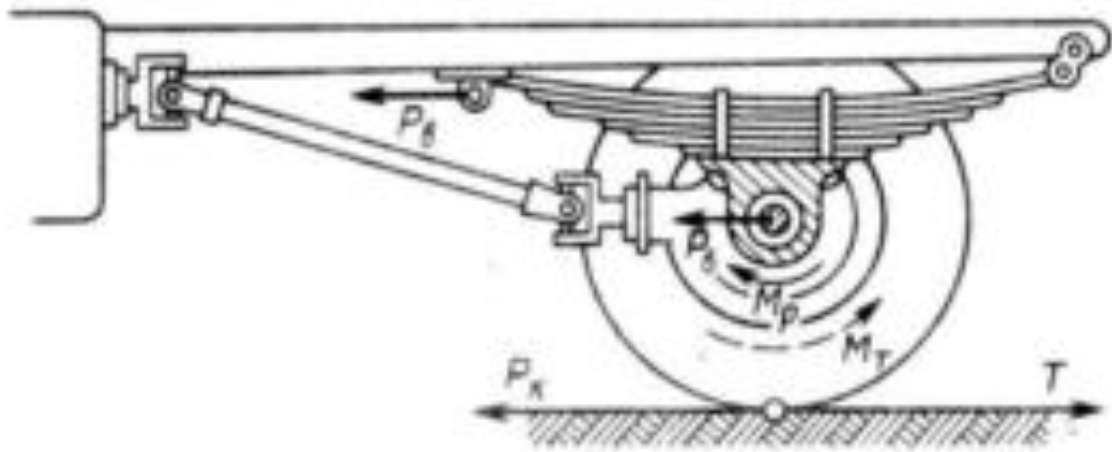


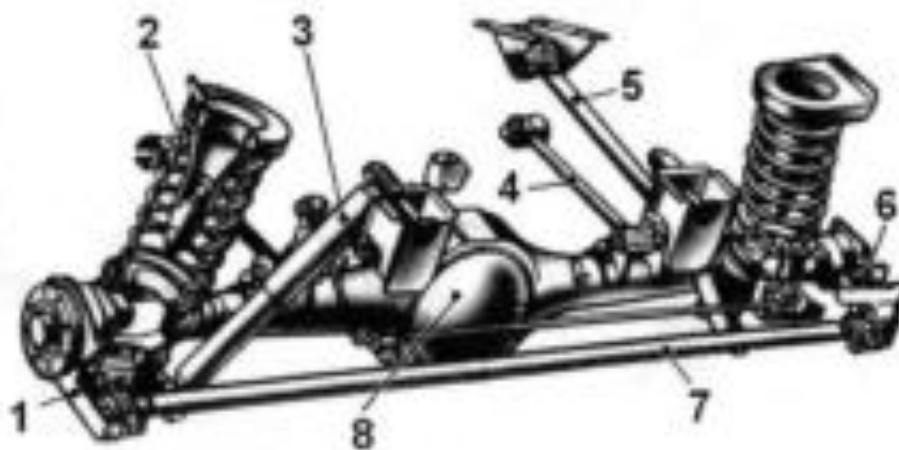
Рисунок 1.31 – Действие сил и моментов сил на детали подвески во время движения автомобиля.

В рассмотренной конструкции все силы и моменты сил передаются через рессору. Однако, если вместо рессоры в качестве упругого элемента применить витые пружины, которые не способны оказывать сопротивление боковым силам и моментам сил, возникающих при разгоне и торможении, в конструкцию подвески придется включать элементы, препятствующие перемещению моста в плоскости, параллельной поверхности дороги. Эти детали подвески называются направляющими элементами.

Таким образом, передача тормозного или реактивного момента, а так же возникающих при разгоне и торможении сил передаются на раму (кузов) через направляющие элементы подвески автомобиля. Элементы подвески колеса, так же как и направляющие элементы подвески соединяют кузов с осью колеса через шарнирные соединения, которые подвергаются значительным статическим и ударным нагрузкам, меняющимся не только по величине, но и по направлению. В процессе длительной работы увеличивается зазор в шарнирных соединениях, ось колеса получает возможность незапланированного конструкции перемещения относительно рамы или кузова, что является причиной непредсказуемое поведения автомобиля при движении.

Как было указано выше, все упругие элементы, за исключением рессор, обладают излишней подвижностью, то есть они не способны удерживать ось

колеса от перемещений в плоскости, параллельной поверхности дороги. Рессора способна играть роль направляющего элемента, но только в направлении, параллельном продольной оси автомобиля. Силы, прилагаемые к колесу в поперечном направлении, способны разрушить пакет рессорных листов, оборвав центральный стяжной болт пакета, или вывести мост, подвешенный на пружинах или упругих пневматических элементах, из-под автомобиля. Следовательно, в конструкцию подвески необходимо внести направляющий элемент, способный удерживать мост автомобиля от поперечного перемещения. Эту роль играет поперечная тяга, шарнирно связывающая кузов с осью автомобиля.



1 – кронштейн крепления поперечной тяги к ведущему мосту; 2 – упругий пружинный элемент; 3 – амортизатор; 4 – реактивная тяга ведущего моста; 5 – продольная тяга; 6 – кронштейн крепления поперечной тяги к кузову автомобиля; 7 – поперечная тяга; 8 – ведущий мост.

Рисунок 1.32 – Подвеска ведущего моста автомобиля ВАЗ.

Рассмотрим некоторые схемы подвески колес с применением различных направляющих элементов.

Подвеска ведущего моста автомобиля классической компоновки, снабжена упругими пружинными элементами (поз.2 рисунка 1.32). От излишней подвижности в продольном направлении ведущий мост 8 удерживается двумя продольными тягами 5, а от проворота при разгоне и торможении – двумя реактивными тягами 4. Излишнюю подвижность в поперечном направлении

ограничивает поперечная тяга 7, шарнирно прикрепленная с помощью кронштейна 1 к ведущему мосту, и соединенной с кузовом через кронштейн 6. Наличие большого количества направляющих элементов делает подвеску автомобиля громоздкой и усложняет её сервисное обслуживание.

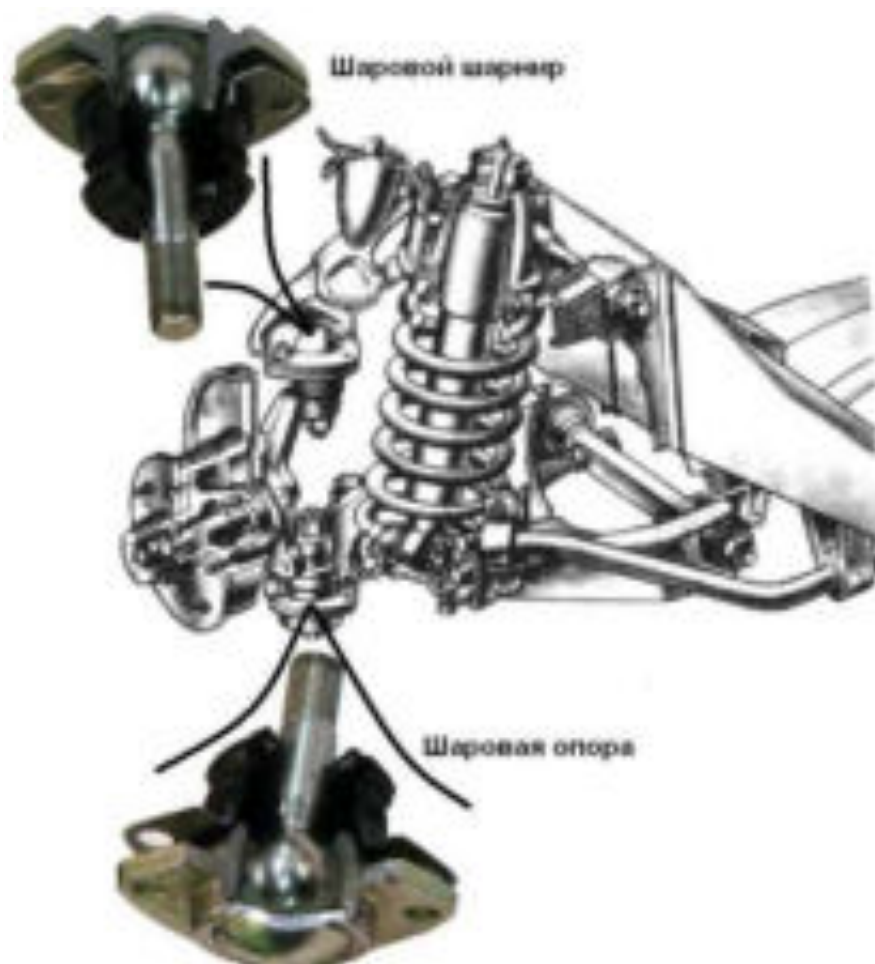
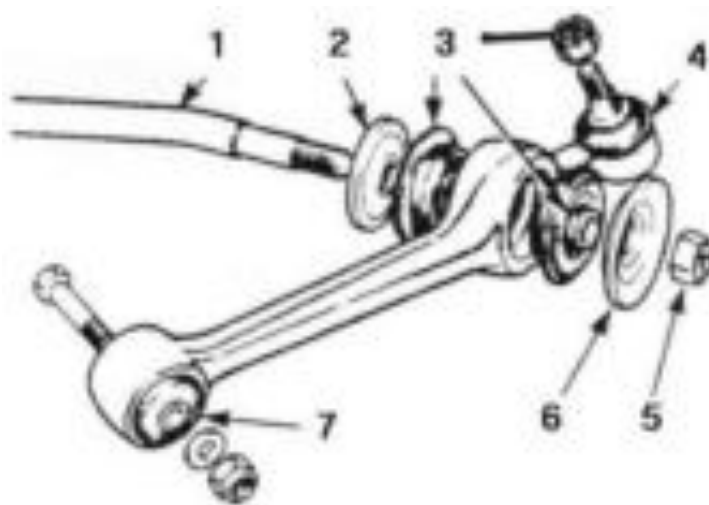


Рисунок 1.33 – Подвеска управляемого колеса автомобиля на треугольных рычагах с шаровой опорой и с шаровым шарниром.

Два треугольных рычага в пружинной подвеске (см. рисунок 1.33) переднего управляющего колеса играют роль направляющих элементов. Установка дополнительных элементов, передающих кузову автомобиля усилия и моменты сил, в такой подвеске обычно не требуется. Расположенная поперек кузова автомобиля и шарнирно прикрепленная к нижним рычагам тяга играет роль стабилизатора поперечной устойчивости. Нижний рычаг этой подвески снабжен шаровой опорой, воспринимающей вертикальную нагрузку, приходящуюся на переднее управляемое колесо. Верхний рычаг подвески снабжен ме-

нее нагруженным шаровым шарниром. Шаровая опора – крайне перегруженный узел подвески колеса, который требует постоянного контроля. Появление люфта в шаровой опоре или шаровом шарнире является сигналом к их замене.



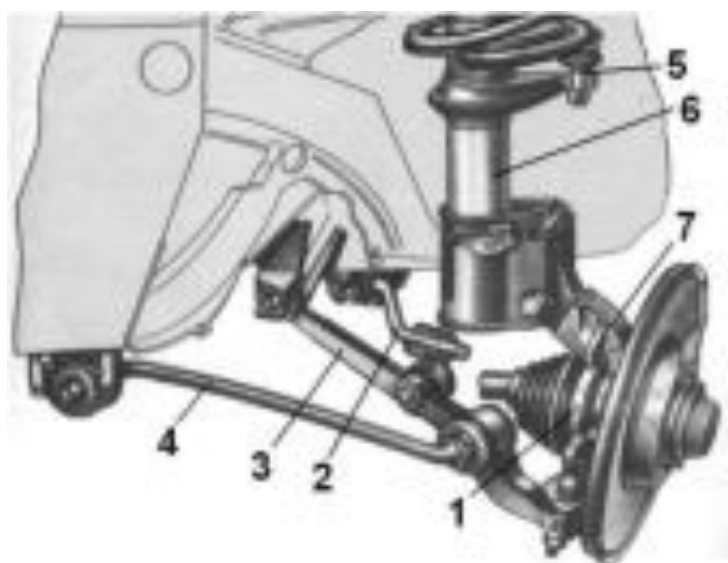
1 – упругий элемент (стабилизатор); 2 и 6 – шайбы; 3 –упругие резиновые втулки; 4 – шаровая опора; 5 – гайка; 7 – осевая упругая втулка (сайлент-блок).

Рисунок 1.34 – Использование стабилизатора поперечной устойчивости в роли дополнительной тяги.

В некоторых конструкциях подвески стабилизатор поперечной устойчивости (см. поз. 1 рисунка 1.34) используется как дополнительная тяга, создавая жесткую треугольную фигуру. Рычаг подвески, снабженный несъемной шаровой опорой 4, шарнирно прикреплен к корпусу автомобиля через упругую осевую втулку 7. На рычаге подвески выполнена проушина, в которую через упругие втулки 3 вставлена штанга 1 стабилизатора поперечной устойчивости. Для обеспечения бесшумной работы резиновые втулки 3 прижаты вогнутыми шайбами 2 и 6 и крышками 3. В прижатом к рычагу состоянии резиновые уплотнения удерживаются гайкой 5.

Показанный на рисунке 1.35 набор рычагов применяется для подвески телескопической амортизаторной стойки, получившей название Mac Pherson. Этот тип подвески в настоящее время наиболее распространен. Используют эту схему и российские автомобилестроители. Снабженная амортизаторной стойкой 6 прикрепленной к поворотному кулаку 7 подвеска управляемого ко-

леса снабжена нижним рычагом 3 с шаровой опорой. Шаровая опора обеспечивает поворот кулака 7 управляемого колеса. Верхняя опора телескопической амортизаторной стойки снабжена опорным подшипником, который позволяет управляемому колесу поворачиваться вместе с телескопической стойкой относительно кузова автомобиля. Для обеспечения жесткости в подвеску управляемого колеса включена дополнительная тяга 4, шарнирно соединяющая проушину рычага подвески 3 с кузовом автомобиля. Эта тяга совместно с рычагом подвески составляет треугольник, придающей подвеске надлежащую жесткость.



1 – привод ведущего колеса; 2 – стабилизатор поперечной устойчивости; 3 – нижний рычаг подвески с шаровой опорой; 4 – дополнительная тяга подвески; 5 –наконечник рулевой тяги; 6 – телескопическая амортизаторная стойка; 7 – поворотный кулак.

Рисунок 1.35 – Телескопическая стойка переднего управляющего колеса автомобиля ВАЗ-2109.

Наиболее распространенный тип подвески задних колес переднеприводного автомобиля изображен на рисунке 1.36. Момент сил, возникающих при торможении, воспринимается рычагами, прикрепленными к поперечной полужесткой балке. Этот тип подвески легко вписать в конструкцию автомобиля, так как балка не занимает много места, а между колес можно расположить запасное колесо или топливный бак.

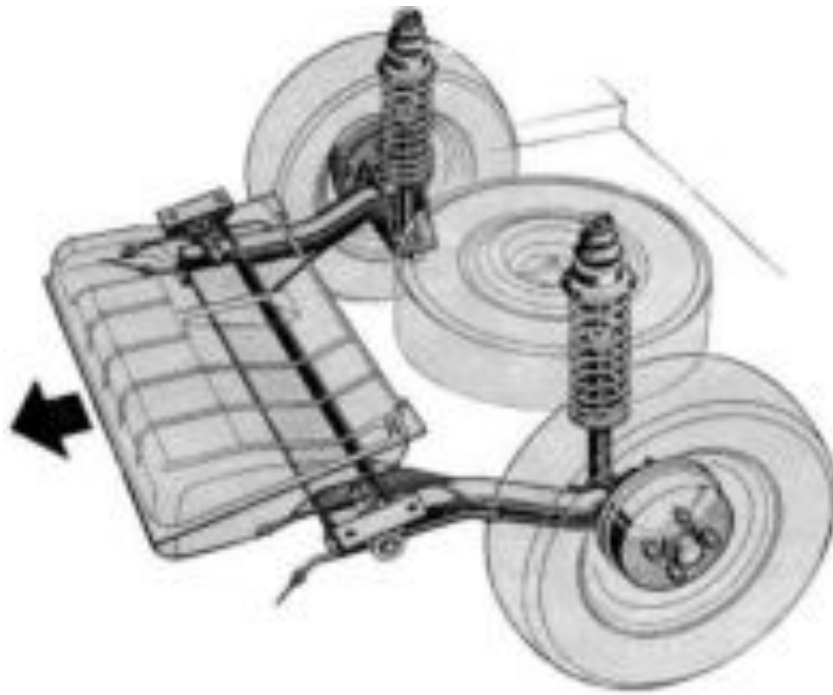


Рисунок 1.36 – Задняя поддерживающая полужесткая ось и её подвеска на телескопических стойках.

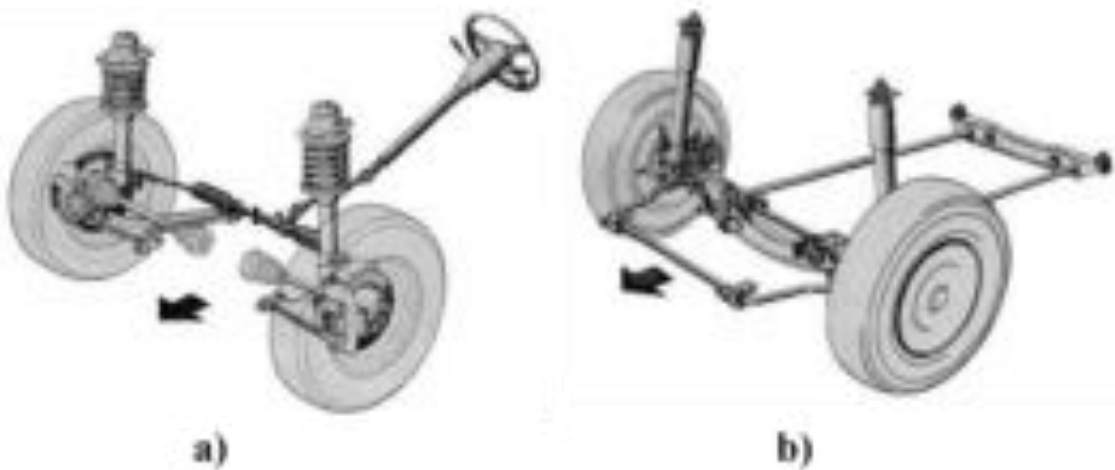
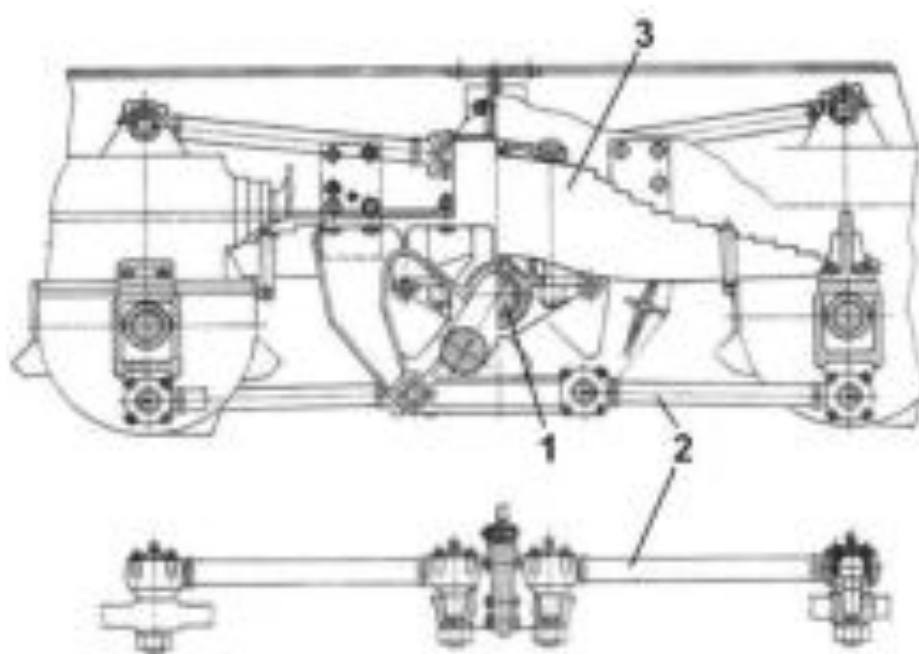


Рисунок 1.37 – Конструкция направляющих элементов подвески с одним треугольным рычагом.

На рисунке 1.37а изображена подвеска переднего комбинированного моста с одним треугольным рычагом. Подвеска обеспечивает достаточную жесткость крепления колеса. Реактивный и тормозной моменты воспринимаются двумя шарнирными сайлент-блоками, через которые треугольный рычаг соединен с кузовом автомобиля. Верхняя часть поворотного кулака соединена с телескопической стойкой типа Mac Pherson. Рисунок 1.37б демонстрирует од-

норычажную подвеску управляемого колеса с упругим элементом в виде торсионного вала. Направляющими элементами в указанном типе подвески являются рычаги, шарнирно прикрепленные к нижней части поворотного кулака. Верхняя часть поворотного кулака шарнирно соединена с телескопической стойкой амортизатора. В качестве дополнительного усиления рычаг шарнирно прикреплен к кузову через стабилизатор поперечной устойчивости.

В предыдущей главе, посвященной упругим элементам подвески, мы подробно рассматривали типы рессор и отмечали тот факт, что рессоры играют роль не только упругих элементов, но и выполняют функцию направляющего элемента. Однако не во всех конструкциях рессоры способны выполнять функцию направляющего элемента. Рассмотрим балансирующую подвеску, которая применяется на многоосных автомобилях, прицепах и полуприцепах, в тех случаях, если оси транспортного средства расположены близко друг от друга.



1 – ось балансира; 2 – продольная тяга; 3 – рессора.

Рисунок 1.38 – Использование удерживающих и реактивных тяг в балансирующей подвеске тележки мостов грузового автомобиля.

Ось балансиров (см. позицию 1 рисунка 1.38) может быть цельной или для снижения массы – разрезной, установленной на раме консольно. При та-

ком типе подвески мосты качаются на шарнирно соединенных с рессорами балансирующих кронштейнах. В этом случае рессоры 3 воспринимают только вертикальную нагрузку веса транспортного средства. Сила тяги, тормозная сила, а так же реактивный и тормозной моменты передаются толкающими и реактивными штангами 2.

1.5 Демпфирующие элементы (амортизаторы)

Первые амортизаторы стали применять задолго до появления автомобиля – на каретах и телегах. Дороги в те времена были скверные, скорости небольшие, поэтому многолистовые рессоры всех устраивали. Они обеспечивали приемлемую плавность хода, а возникавшую при езде раскачку прекрасно гасило трение между листами рессор. Потом рессоры переключили на автомобили.

Количество автомобилей росло, человечество понастроило заводов, с которых стали ежегодно сходить миллионы автомобилей, Автомобили делались все мощнее, они обзавелись пневматическими шинами и становились все быстроходнее. Соответственно и раскачивались на своих рессорах они все сильнее. А поскольку при этом стали возникать проблемы с управляемостью, пришлось конструировать устройства, способные гасить колебания кузова относительно колес.

Для начала человечество воспользовалось старым испытанным способом гашения колебаний трением. Но трения между листами рессор было явно недостаточно, и тогда в подвеску добавили ещё одно устройство – фрикционный амортизатор (см. рис 1.39а). Это позволило на какое-то время решить проблему, но ненадолго, ибо как только появились более-менее сносные дороги, фрикционные амортизаторы при малых перемещениях колес перестали их сглаживать, передавая малые колебания кузову, так как возмущающая сила по своей величине не превосходила силу трения во фрикционных амортизаторах. Из-за этого прекрасно гасившие раскачку на рытвинах и ухабах устройства

просто блокировали подвеску на не очень ровном булыжном покрытии. Вот тогда и пришел черед гидравлических демпфирующих устройств (амортизаторов). В них поршень перегоняет жидкость из одной полости в другую через малые отверстия, а сопротивление перекачки жидкости возрастает пропорционально скорости перемещения поршня.

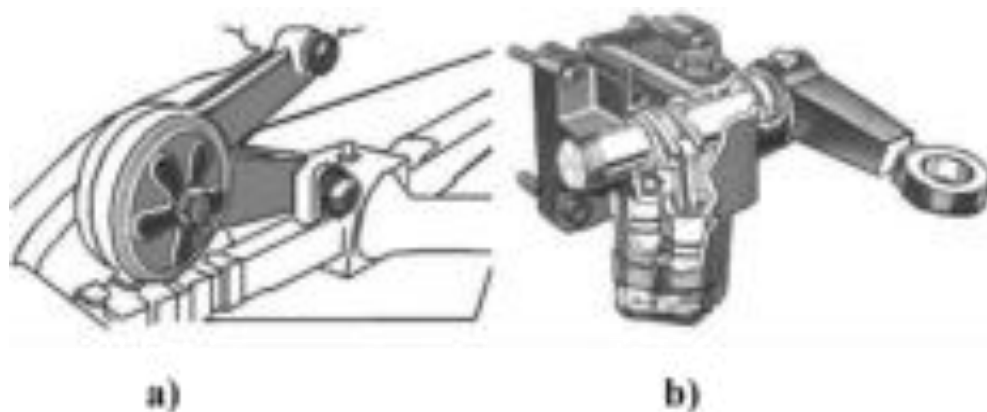


Рисунок 1.39 – Фрикционный и гидравлический амортизатор конных экипажей и первых автомобилей.

С появлением в подвеске гидравлического демпфирующего устройства надобность в амортизаторах, использующих для гашения колебаний трением, отпала, а рессоры начали повсеместно вытесняться пружинами. Сами амортизаторы претерпели немало изменений. Первые конструкции амортизаторов рычажного типа были очень похожи на маленький автомобильный двигатель (см. рисунок 1.39b), только его цилиндры наполнялись маслом, которое при раскачке кузова перегонялось из одного цилиндра в другой. Такие амортизаторы стали неотъемлемой частью подвески, и лишь значительно позднее амортизаторы превратились в самостоятельный агрегат, конструкция которого стала напоминать шинный насос, заключенный в герметичный корпус.

В 1917 году Чарльз Самнер Мак'Интайер (Charles Summer Mc'Intyre) приобрел фирму «Бриск Бласт Мануфэкчеринг» (Brisk Blast Manufacturing Company) в городе Монро, недалеко от Детройта. Первым шагом фирмы было проникновение на рынок шинных насосов. Вскоре фирма Мак'Интайера стала довольно крупным производителем этих самых насосов. Не слишком хорошую плавность хода тогдашних автомобилей Мак'Интайер расценил как вызов, и

его инженеры вплотную занялись этой проблемой.

В 1920 году в производственной программе Монро (Monroe) демпфер трения уступил место гидравлическому амортизатору двойного действия собственной разработки. И только лишь в послевоенные годы фирма переходит на производство амортизаторов телескопического типа, конструкция которых очень схожа с шинным насосом. Рост быстроходности автомобилей потребовал увеличения энергоемкости амортизаторов. Поскольку двухтрубные амортизаторы не успевали охлаждаться, и, кроме того, в них возникали вредные явления вспенивания жидкости, от наружного корпуса отказались, переместив объем, компенсирующий вытеснение жидкости штоком и её тепловое расширение, в конец рабочего цилиндра, отделив его специальным поршнем. Компенсирующий объем стали заполнять вместо содержащего кислород воздуха нейтральным по отношению к используемым в амортизаторе материалам азотом.

Чтобы препятствовать возникающему в ходе быстрого перемещения поршня разряжению, давление в компенсирующей полости подняли до нескольких атмосфер. Так появились газонаполненные амортизаторы.

Но, несмотря на все усовершенствования, демпфирование в подвеске всё еще не доведено до совершенства. Для скверной дороги нужны амортизаторы более энергоемкие и жесткие, чем для езды по ровному шоссе. Но ездить приходится и там, и там! Специализация автомобилей на внедорожники и легковые способна только отчасти решить проблему. На помощь пришла электроника, которая стала управлять жесткостью амортизаторов.

1.5.1 Роль амортизатора в обеспечении комфорта и безопасности движения

Амортизаторы предназначены для демпфирования (гашения) колебаний поддрессоренных и неподдрессоренных частей автомобиля при его движении по неровностям дороги.

Давайте понаблюдаем, как реагирует подвеска колеса совместно с движущимся колесом при проезде выступающей над поверхностью дороги неровностью.

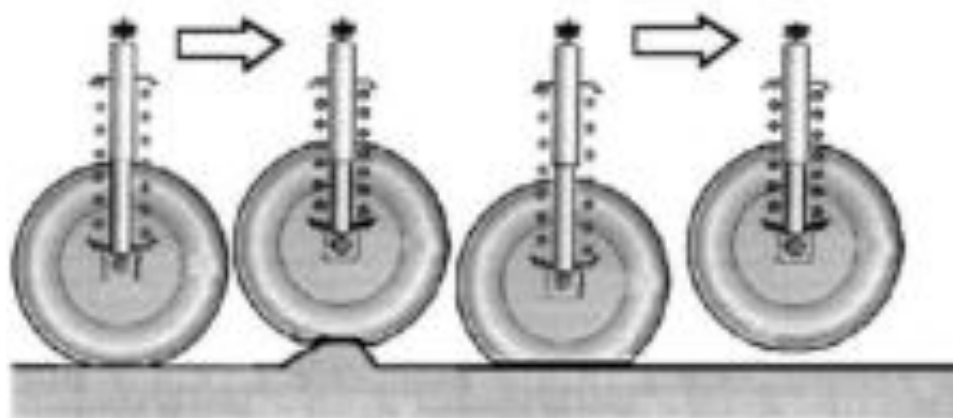


Рисунок 1.40 – Работа упругого элемента при проезде выступа.

Вначале при наезде на бугорок (см. рисунок 1.40) деформируется шина. Сила упругости шины заставит сжаться пружину подвески. При съезде с бугорка пружина «выстрелит» колесо вниз, и пневматическая шина под действием силы инерции движущегося вниз колеса деформируется. Затем сила упругости шины постарается вернуть колесо в начальное положение, причем и сила упругости шины, и скорость отдачи колеса будут весьма значительными. Сила инерции движущегося вверх колеса сожмет пружину, которая вновь «выстрелит» колесо вниз. Этот процесс колебаний системы «пружина – пневматическая шина» будет продолжаться довольно долго. Процесс колебаний системы «пружина – шина» будет чем-то напоминать ведение мяча баскетболистом.

Теперь рассмотрим поведение колеса и его подвески при проезде небольшой ямки (см. рисунок 1.41).

Колесо не успело опуститься на дно ямки. Удар в край ямки, конечно же, не принесет ничего хорошего, однако за счет упругости шины не произойдет поломки диска или подвески. Если бы колесо успело опуститься на дно, подвеска подверглась бы значительно большему удару. Значит, при проезде через яму желательно обустроить подвеску так, чтобы колесо автомобиля не успевало опуститься до самого дна ямы. Это возможно только в том случае, если

скорость распрямления сжатой пружины в ходе отдачи будет не высокой, то есть пружина не «выстреливала» бы колесо, а разжималась как можно плавно.

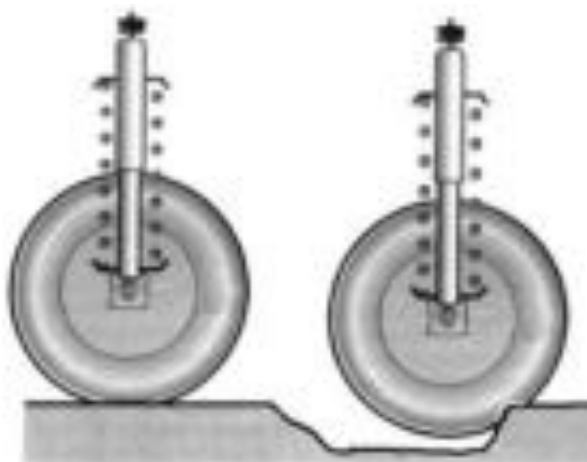


Рисунок 1.41 – Работа упругого элемента при проезде выбоины.

При наезде на выступающий над поверхностью дороги бугорок (см. рисунок 1.40) колесо должно быстро подняться над поверхностью дороги, не передавая значительных колебаний кузову автомобиля. Значит, подвеска автомобиля в ходе сжатия не должна оказывать существенного препятствия движению, то есть при проезде бугорка колесо должно быстро переместиться вверх, сжимая пружину, а при отдаче, то есть возврате колеса в исходное состояние, в подвеску необходимо включить элемент, оказывающий дополнительное сопротивление движению. Это значит, что амортизатор должен иметь разную скорость перемещения в ходе сжатия и отдачи.

При движении по неровностям дороги может наступить резонансная раскачка кузова, например, «галопирование» автомобиля на «длинных» волнах покрытия может быть вызвано совпадением частоты вынуждающих колебаний и собственных колебаний кузова (см. рисунок 1.42). Если не воспрепятствовать колебаниям, они быстро нарастают. Автомобиль сильно раскачивается и может удариться о дорогу поддоном двигателя, коробкой передач и т.д. Эти колебания относятся к низкочастотным. Однако амортизаторы должны гасить не только низкочастотные колебания, но и ряд других. Так неподрессоренная масса (колесо вместе с элементами подвески и рулевого управления)

могут впадать в резонанс при частоте колебаний 12-15 Гц.

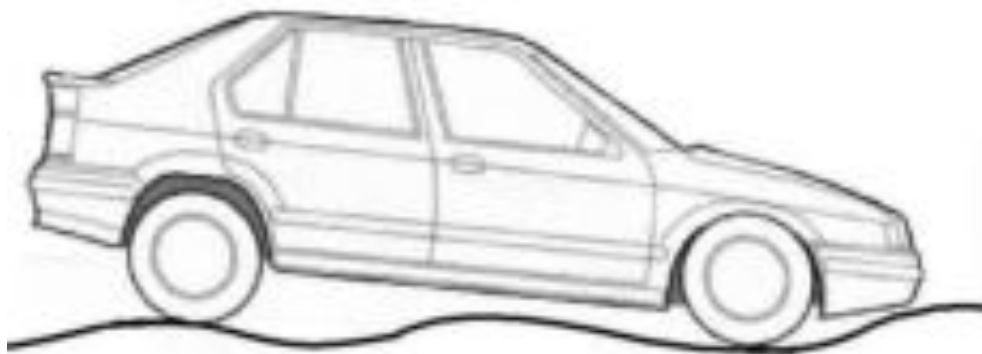


Рисунок 1.42 – Галопирование автомобиля при езде по неровностям с неисправным амортизатором.

Ранее мы с вами рассматривали процесс поведения колеса при проезде бугорка. В результате упругой деформации шины колесо, преодолевая силу сжатия пружины, отскакивает от дороги. Боковые силы (центробежная сила в повороте, боковой ветер, поперечный наклон дорожного полотна) могут вызвать потерю курсовой устойчивости. Но и на прямой дороге со старым бугристым покрытием автомобиль рыскает в стороны, его постоянно приходится «ловить» рулем.

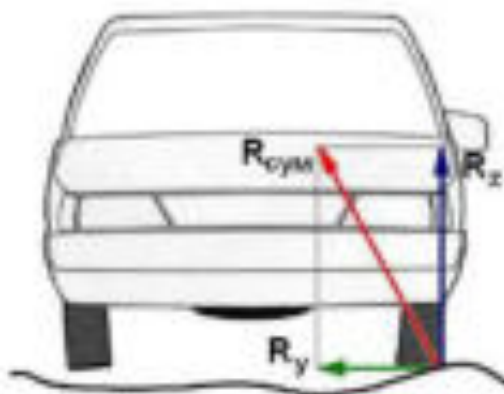


Рисунок 1.43 – Возникновение боковой уводящей силы R_y при движении по неровностям дороги с неисправными амортизаторами.

Вообразите, мгновенный «фотоснимок» сил (см. рисунок 1.43), действующих на автомобиль при отскоке правого колеса от поверхности дороги и наезде левого колеса на край бугра. Поперечная реакция R_y в зависимости от скорости движения автомобиля, силы удара и наклона покрытия может достигать сотен килограммов! И хотя эта сила действует долю секунды, толчок в

сторону вполне ощутим. Словом, при плохих амортизаторах даже после проезда единичного ухаба автомобиль может опасно отклониться от курса. Часто встречающееся сочетание несбалансированного колеса и неисправного амортизатора вовсе недопустимо, так как устойчивость и управляемость автомобиля резко ухудшаются. Резонансные колебания тем сильнее, чем хуже работает подвеска.

При появлении резонансного явления необходимо снизить скорость движения, так как при её увеличении колесо с большей силой будет отскакивать от поверхности дороги даже за пределами «резонансной» скорости движения. Даже без резонансных явлений колесо после «прыжка» с бугорка или подскока может сделать несколько сильных вертикальных перемещений (см. рисунок 1.44), провоцируя неустойчивость автомобиля и рыскание автомобиля в стороны. Состояние наших дорог таково, что возможны любые сочетания неровностей. Наезд на каждую из них сопровождается колебанием неподрессоренных масс, часто не успевающих затухнуть до наезда на следующую неровность. При неэффективной работе амортизаторов отскоки колеса от дороги делают вождение автомобиля не только неприятным, но и небезопасным.

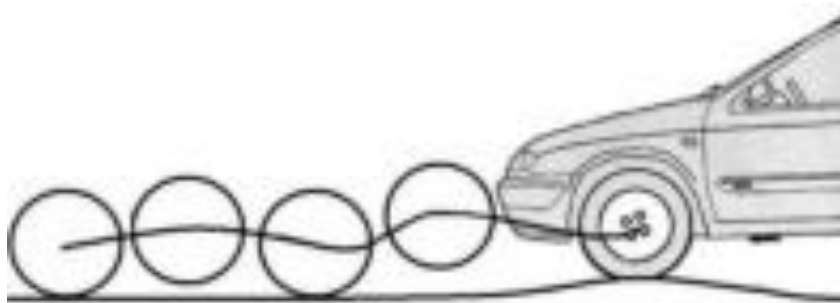


Рисунок 1.44 – Потеря колеса надежного контакта с дорогой при движении по неровностям дороги с неисправными амортизаторами.

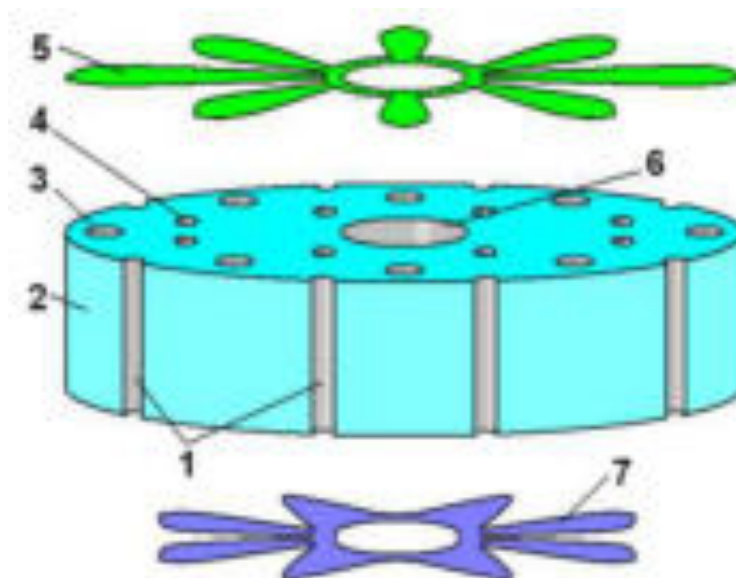
Зная особенности наших дорог, автолюбитель приобретает и устанавливает на автомобиль «жесткие» амортизаторы. Но, избавившись от раскачивания автомобиля, приобретает комфорт как у телеги, а в придачу повышенную динамическую нагрузку в деталях и узлах автомобиля. Жесткие амортизаторы обладают повышенным сопротивлением при сжатии и отбоя колеса. При про-

хождении неровностей колесо зависает в воздухе, теряя контакт с дорогой. Какой бы тип неровности ни встретился вам на дороге, жесткий амортизатор, имея повышенное сопротивление отдачи, не позволит колесу описывать профиль дороги. При съезде с пологой кочки колесо неизбежно потеряет контакт с дорогой, описывая плавную кривую. Иными словами, подбор амортизаторов в зависимости от назначения автомобиля, характера дорог и манеры вождения автомобиля – дело тонкое. Безусловно, изменить характеристики подвески можно, но в разумных пределах. К примеру, поставить чуть более жесткие (процентов на пять – семь) пружины, подходящие по высоте и диаметру. Кстати при пробое подвески до упора витки пружин не должны соприкасаться, а амортизаторы должны иметь запас хода. Можно поставить «тюнинговые» амортизаторы (английское слово tuning означает «настройка»). Только потом, когда до срока будут «лететь» сайлент-блоки или по кузову поползут трещины, не обвиняйте инженеров завода изготовителя.

1.5.2 Устройство и принцип работы амортизатора

Главная идея работы амортизатора такова: Все амортизаторы гидравлические и развивают условия демпфирования в процессе перетекания жидкости во время хода поршня при вертикальном перемещении колеса относительно кузова. Для того чтобы придать амортизатору необходимую характеристику, инженеры конструкторы используют законы гидравлики. При медленных ходах подвески – например, когда автомобиль плавно приподнимается на пологой волне, кренится в повороте или клюет вперед при резком торможении, – поршень в амортизаторе движется тоже медленно. Масло при медленном ходе поршня (см. рисунок 1.45) просачивается сквозь маленькие щелевые каналы 1, расположенные на боковой поверхности поршня или отверстия-дроссели, сделанные на самом поршне. Но когда подвеска начинает работать с высокими скоростями перемещения поршня – например, при наезде на препятствие, –

пропускной способности щелевых отверстий (дросселей) уже не хватает. Поэтому, чтобы амортизатор не «запирался», предусмотрены специальные клапаны 5 и 7, открывающие отверстия 3 и 4 пропускная способность которых подбирается исходя из режима работы амортизатора. Причем клапаны, пропускающие жидкость при сжатии имеют большую пропускную способность, чем клапаны, открывающиеся в ходе отбоя (растяжения) амортизатора.

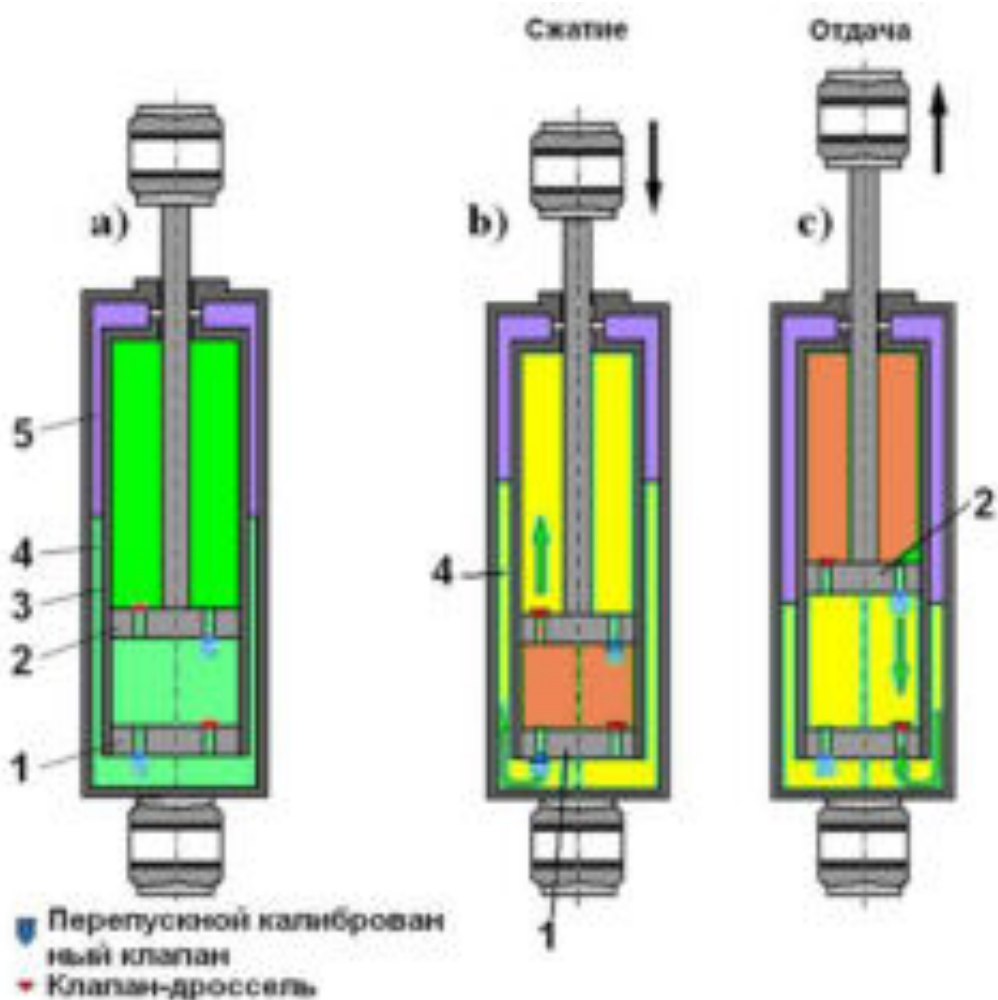


1 – боковые щелевые каналы; 2 – поршень амортизатора; 3 – перепускные отверстия, работающие при сжатии; 4 – перепускные отверстия, работающие при отбое; 5 – клапан, открывающий отверстия в ходе сжатия; 6 – центральное отверстие для крепления штока; 7 – клапан, открывающий отверстия в ходе отбоя.

Рисунок 1.45 – Поршень амортизатора с системой клапанов и перепускных отверстий.

Рассмотрим схему работы двухтрубного амортизатора. Жидкость в цилиндре амортизатора препятствует свободному перемещению поршня 2, который вытесняет её из одной полости в другую через гидравлические устройства (клапаны), создающие повышенное сопротивление движению. В теле поршня 2 и донном клапане 1 сделаны клапаны-дроссели, которые пропускают жидкость из поршневой полости в штоковую, а также в компенсационную полость

4 при медленном движении поршня 1 внутри цилиндра 3 амортизатора. Сопротивление перетеканию жидкости из одной полости в другую тем больше, чем выше скорость перемещения поршня в цилиндре амортизатора, а скорость перемещения поршня зависит от величины неровностей на дороге, или скорости, с которой автомобиль преодолевает эту неровность.

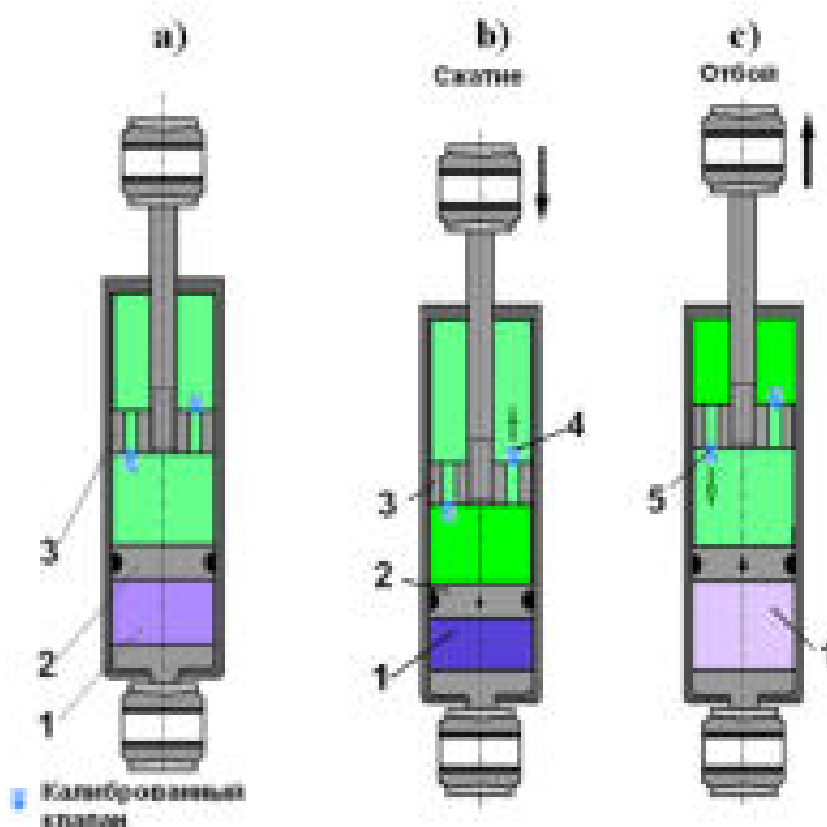


1 – донный клапан; 2 – поршень; 3 – внутренний цилиндр амортизатора; 4 – компенсационная полость; 5 – газовая камера.

Рисунок 1.46 – Двухтрубный телескопический амортизатор и его работа.

В ходе сжатия (см. рисунок 1.46b) жидкость из поршневой полости вытесняется в штоковую и компенсационную полость. Компенсационная полость 4 расположена между внутренним цилиндром 3 и наружным корпусом амортизатора. Вся жидкость из поршневой полости в штоковую поместиться не может, так как часть объема штоковой полости занята самим штоком. Из-

лишки жидкости перетекают в компенсационную полость через донный клапан 1. В верхней части компенсационной полости расположена камера 5, в которой находится газ, подвергающийся сжатию при заполнении компенсационной полости жидкостью. Сжатый газ обеспечивает подпор жидкости при её обратном перетекании из компенсационной полости в поршневую в ходе отбоя (см. рисунок 1.46с).



1 – газовая камера; 2 – подвижный поршень, отделяющий газовую камеру от поршневой полости; 3 – поршень амортизатора; 4 – клапан, работающий при сжатии амортизатора; 5 – клапан, работающий при его отбое (растяжении).

Рисунок 1.47 – Газонаполненный однотрубный амортизатор и его работа.

Газонаполненный амортизатор (см. рисунок 1.47) – однотрубный. Отдельно выполненной компенсационной камеры в таком амортизаторе нет. В нижней части цилиндра имеется заполненная сжатым газом камера 1, отделенная от остального объема подвижным поршнем 2. В ходе сжатия (см. рисунок 1.47b) поршень 3 вытесняет жидкость из поршневой в штоковую полость через клапан 4, причем, «излишки» жидкости остаются в поршневой полости, а

объем занимаемый этими «излишками», компенсируется перемещением поршня 2. В ходе сжатия давление газа в полости 1 увеличивается, создавая необходимый подпор, который препятствует возникновению разрежения при обратном ходе поршня.

В ходе отбоя (см. рисунок 1.47с) жидкость из штоковой полости через клапан 5 перетекает в поршневую полость. Скорость перетекания ограничивается пропускной способностью клапана 5. Давление газа 6 в газовой камере снижается, но остается выше атмосферного давления. В газонаполненных (газовых) амортизаторах газ находится под довольно высоким давлением. Например в амортизаторах Monroe (Бельгия) давление подпора составляет 5 кг/см^2 , а в амортизаторах «Плаза» (Россия) – 15 кг/см^2 .

Кинетическая энергия колебаний кузова переходит в тепловую энергию, нагревая амортизаторную жидкость, при этом снижается её вязкость. Это вызывает изменение характеристик амортизатора в процессе движения. Сохранение характеристик работы амортизаторов и улучшение их эксплуатационных свойств зависит от объема масла, находящегося в амортизаторе. Желательно иметь амортизаторы с большим объемом масла, однако возникают конструктивные трудности в размещении такого амортизатора, который свободно помещается только на раме грузового автомобиля. В легковом автомобиле найти место для установки большого амортизатора трудно. В телескопической подвеске легкового автомобиля нагрузка на шток амортизатора весьма высока, поэтому диаметр этого штока достаточно велик, а это увеличивает разницу штоковой и поршневой полости. На спортивных автомобилях амортизаторы работают с высокой нагрузкой и большой амплитудой перемещения подвески. Для таких автомобилей сконструировали специальные амортизаторы с выносной компенсационной камерой. Основная полость амортизатора соединена с выносной компенсационной полостью посредством гибкого армированного шланга, выдерживающего большое давление. Поместить компенсационную камеру в автомобиле не представляет большого труда, а основной амортизатор может иметь небольшие размеры.

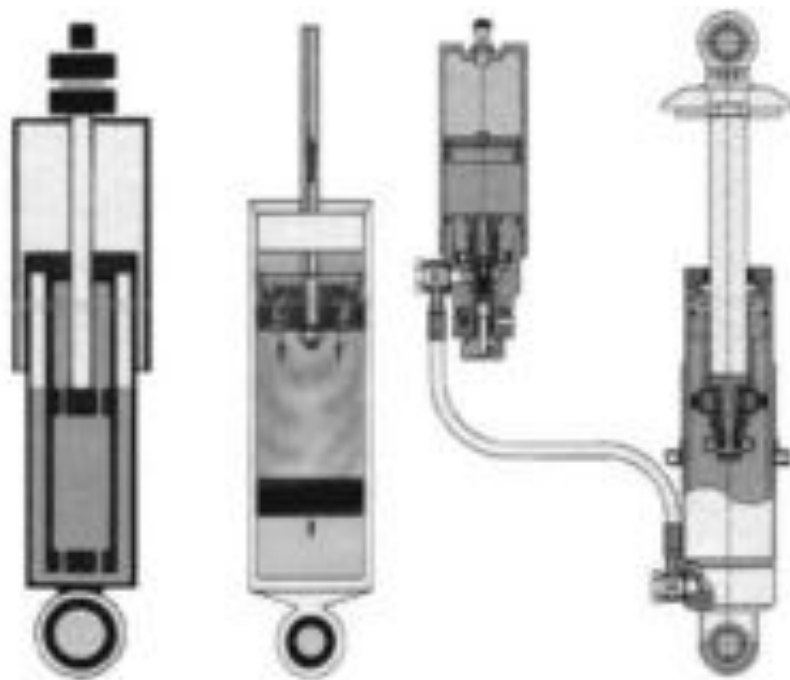


Рисунок 1.48 – Гидравлический двухтрубный, газонаполненный одно-
трубный амортизатор и газонаполненный амортизатор с выносной компенса-
ционной полостью.

Разобрав принцип работы амортизаторов с постоянной характери-
стикой, приступим к рассмотрению принципа работы двухтрубного амортизатора
переменной жесткости, о котором уже упоминалось в этой главе, когда опи-
сывали принцип работы амортизаторной стойки, оснащенной резинокордной
камерой.

Вначале разберем два варианта работы амортизатора при сжатии. Пер-
вый вариант – при низком давлении в резинокордовом баллоне. На рисунке
1.49а) в резинокордовом баллоне амортизаторной стойки невысокое давление,
которое не способно закрыть клапан управления жесткостью, пересилив дей-
ствие возвратной пружины. Внутренний цилиндр амортизатора имеет допол-
нительную рубашку, соединенную с перепускным клапаном. Штоковая по-
лость соединена с дополнительной рубашкой отверстиями, расположенными
в её верхней части. При сжатии жидкость из поршневой полости через кла-
паны в поршне перетекает в штоковую полость. Одновременно жидкость из
поршневой полости перетекает в компенсационную камеру двухтрубного
амортизатора. При открытом клапане управления жесткостью амортизатора

часть жидкости в штоковую полость попадает через дополнительную рубашку и отверстия, соединяющую её со штоковой полостью. В этом случае скорость перемещения штока амортизатора как при сжатии, так и при отбое будет происходить быстрее, чем при закрытом клапане управления жесткостью амортизатора.

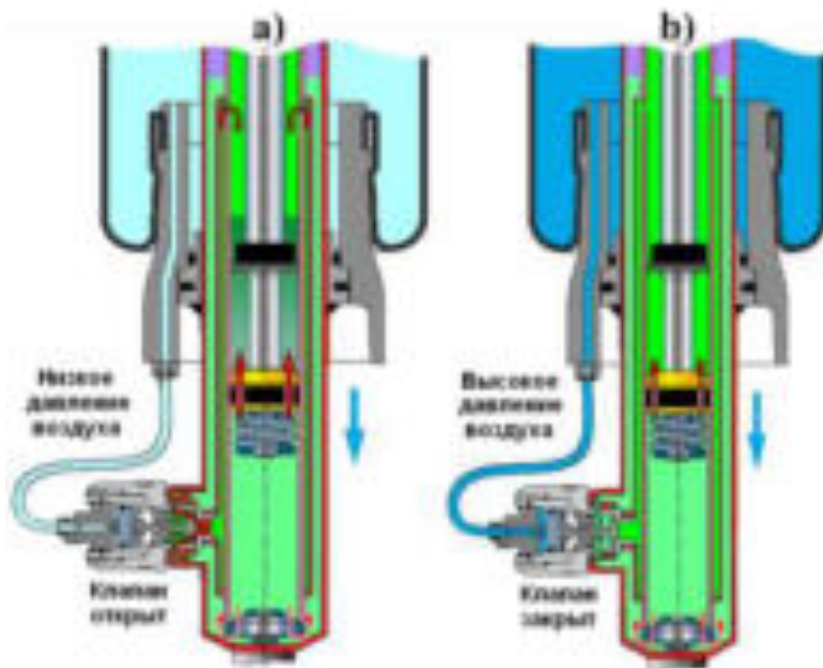


Рисунок 1.49 – Работа амортизатора регулируемой жесткости при сжатии.

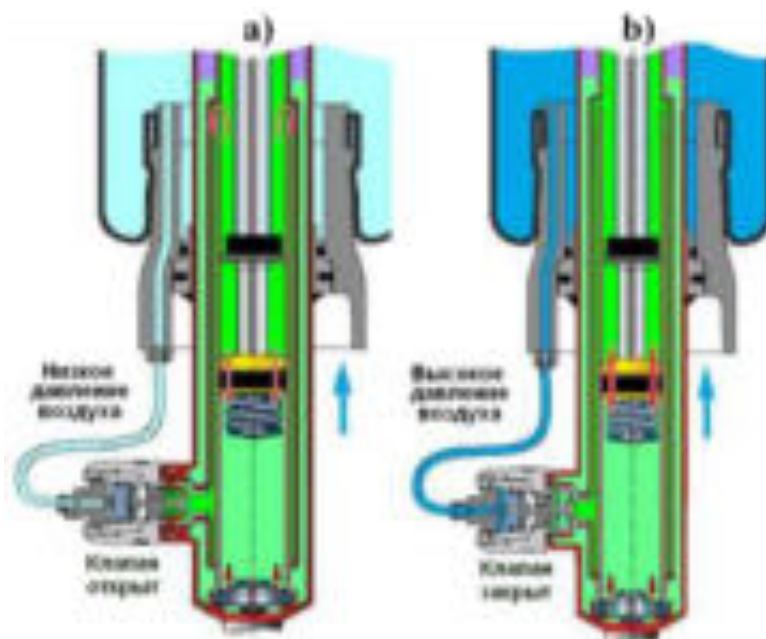


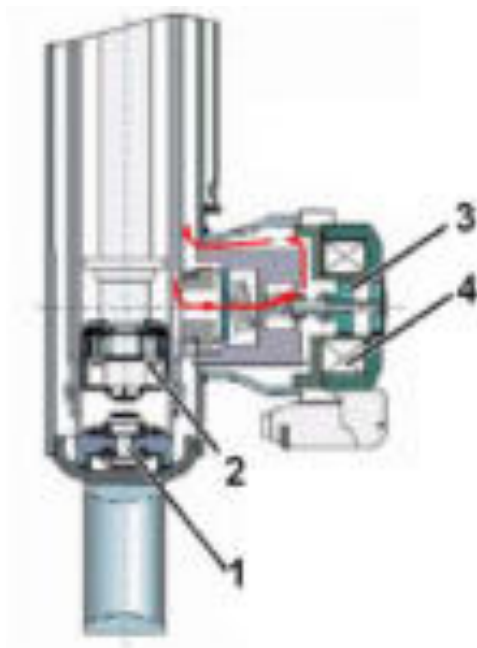
Рисунок 1.50 – Работа амортизатора регулируемой жесткости при отбое.

Если электроника увеличивает жесткость подвески, нагнетая дополнительный воздух в резинокордный баллон (см. рисунок 1.49b), повышенное давление через шланг поступает в управляющий клапан, который, пересиливая силу сжатия пружины, прерывает обходной путь жидкости через дополнительную рубашку. В этом случае амортизатор работает как обычный двухтрубный, постоянной жесткости.

На рисунке 1.50 показана работа амортизатора регулируемой жесткости при отбое (растяжении амортизатора) при низком и высоком давлении в резинокордном баллоне. Предлагаю проанализировать работу в этих двух вариантах самостоятельно, так как алгоритм работы регулируемого амортизатора только что был описан.

Рассмотренный тип амортизатора регулируемой жесткости управляется сжатым воздухом, поступающим в резинокордный баллон амортизаторной стойки. Это значит, что жесткость амортизатора может быть повышена только в случае повышения давления в упругом элементе. Например: При увеличении загрузки автомобиля для восстановления величины дорожного просвета потребуется увеличить давление воздуха в резинокордных баллонах, при этом автоматически увеличится и жесткость амортизатора. При увеличении скорости движения необходимо уменьшить величину дорожного просвета, выпустив часть воздуха из резинокордного баллона, при этом уменьшится жесткость амортизатора.

Следовательно, жесткость амортизатора тесно взаимосвязана с жесткостью упругого элемента подвески, и для изменения его жесткости придется менять и жесткость упругого элемента. Эта взаимосвязь может быть нарушена, если вместо опосредованного управления через повышение давления в упругом элементе, применить прямое электронное управления. Для этого на двухтрубном амортизаторе с дополнительной рубашкой перепуска жидкости вместо пневматически управляемого клапана устанавливают электромагнитный клапан (см. рисунок 1.51).



1 – донный клапан; 2 – поршень; 3 – якорь электромагнита с клапаном; 4 – соленоид электромагнита.

Рисунок 1.51 – Работа электромагнитного клапана управления жесткостью амортизатора.

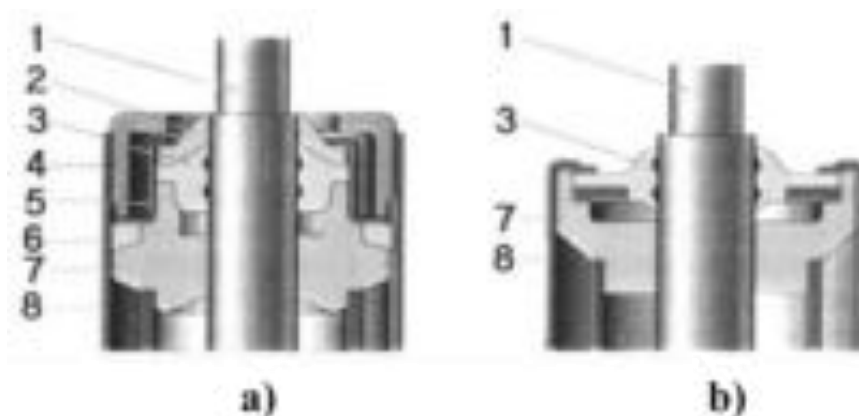
1.6 Диагностика неисправностей ходовой части автомобиля

1.6.1 Определение состояния амортизаторов

Основной неисправностью амортизатора является изменение его характеристики, приводящее к ухудшению гашения колебаний. Наиболее частые причины – нарушение герметичности (попадание воздуха в цилиндр), износ или механическое повреждение деталей.

При неисправных амортизаторах ухудшается сцепление колес с поверхностью дороги, и автомобиль начинает хуже слушаться руля, отклоняясь от заданной водителем траектории движения. Например, при движении в повороте на неровной дороге автомобиль самопроизвольно смещается наружу, спрямляя траекторию движения. Увеличиваются крены кузова при прохождении поворотов и дифферент при интенсивном разгоне и торможении. При проезде неровностей даже на небольшой скорости возможны пробои подвески,

когда полностью выбирается ход подвески, а амортизатор не в состоянии снизить скорость вертикального перемещения колеса.



1 – шток; 2 – пластмассовое скребковое кольцо; 3 – штоковое уплотнение; 4 – гайка корпуса амортизатора; 5 – держатель штокового уплотнения; 6 – корпусное уплотнение; 7 – направляющая штока; 8 – наружный корпус компенсационной емкости амортизатора.

Рисунок 1.52 – Штоковое уплотнение амортизатора.

Верным признаком скорого отказа амортизатора является утечка масла по его штоку. В амортизаторах особая роль отводится качеству уплотнений (см. позицию 3 и 6 рисунка 1.52), препятствующих вытеканию жидкости по штоку амортизатора. На качественно изготовленных амортизаторах имеется пластмассовый кольцевой скребок, выполненный из износостойкой пластмассы. Скребковое кольцо в процессе работы амортизатора удаляет грязь и пыль, попадающую на шток амортизатора. Абразивные частицы способны в короткие сроки испортить уплотнение 3.

На рисунке 1.52b показан сравнительно дешевый амортизатор без скребкового кольца. Хотя на любом из амортизаторов устанавливается защитный гофрированный чехол, наличие скребкового кольца значительно увеличивает срок жизни амортизатора.

Частично или полностью изношенные амортизаторы особенно ускоряют износ деталей ходовой части, поэтому при каждом техническом обслуживании автомобиля целесообразно проведения инструментальной диагностики и, при необходимости, замены изношенных амортизаторов. И диагностика, и ремонт

при современных средствах и способах диагностики не представляет каких-либо затруднений, ну а ремонт амортизаторов методом из разборки с целью установки изношенных деталей давно не практикуется.

Приложение к «Основным положениям по допуску транспортных средств к эксплуатации» не ограничивает эксплуатацию транспортных средств с неисправными амортизаторами, так как езда с неисправными амортизаторами в обычном режиме по сравнительно ровным дорогам с невысокой скоростью не оказывает значительного влияния на управляемость автомобиля. Однако, как только водитель попытается двигаться с высокой скоростью по неровностям загородных (дачных) дорог – возможно непредсказуемое поведение автомобиля, вплоть до полной потери управляемости.

Существует несколько методов определения состояния амортизаторов:

- визуальный осмотр;
- снятие характеристик амортизатора;
- метод колебания колес или кузова.

Наиболее достоверные сведения о состоянии амортизатора дает метод снятия характеристик демонтированного с автомобиля амортизатора на специальном стенде. Практикуется и метод снятия характеристик без демонтажа амортизаторов, однако в этом случае производится диагностирование не самих амортизаторов, а работы подвески в целом. При этом на результаты испытаний в немалой степени оказывают влияние состояние шарниров, пружин, стабилизаторов, давление в шинах и прочие факторы.

1.6.1.1 Визуальный осмотр

Является самым простым способом диагностирования, не требующего специального оборудования. Этот способ оценки технического состояния всецело можно отнести к субъективному методу диагностики. Визуальный осмотр позволяет выявить только внешние повреждения амортизатора:

- коррозию, задиры и деформацию штока,

- негерметичность уплотнений штока, приводящую к подтекам амортизаторной жидкости;
- повреждение пыльников и эластичных элементов крепления амортизатора.

Более детальное исследование состояния амортизаторов, визуальным методом провести невозможно.

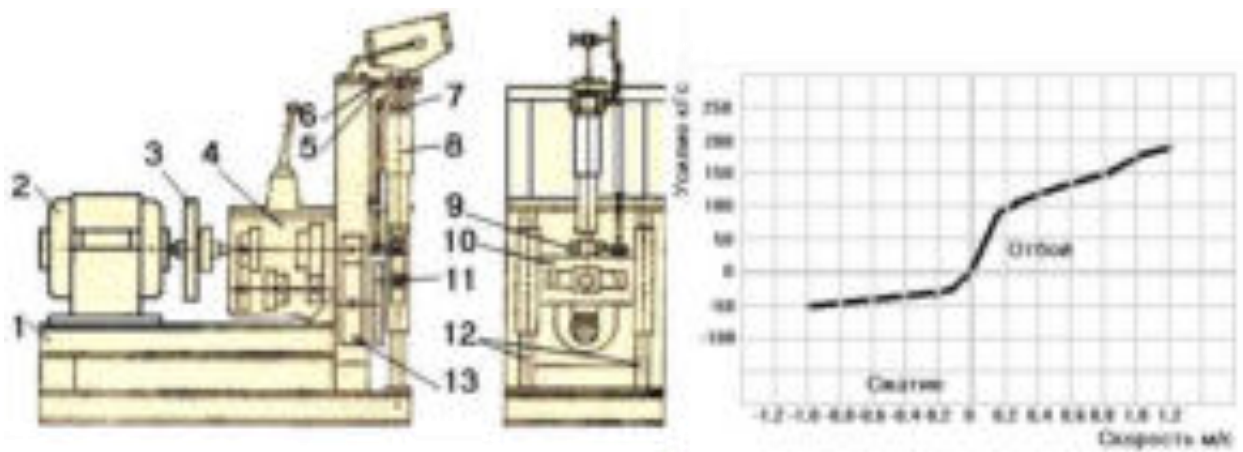
1.6.1.2 Снятие характеристик амортизатора

В популярной литературе, описывающей работу и характеристики амортизаторов, часто приводятся нагрузочные кривые телескопических амортизаторов. Человеку неподготовленному к восприятию этой информации графики, характеризующие свойства амортизаторов, мало понятны. В этой главе мы познакомимся с методикой проведения испытания амортизаторов и оборудованием, для проведения испытаний.

Современная компьютерная диагностика может смоделировать любой режим испытаний, однако для более глубокого понимания процесса снятия характеристик амортизатора обратимся к простейшей установке.

Для определения нагрузочной кривой амортизаторов применяется кривошипно-кулисный стенд с осциллографом, изображенный на рисунке 1.53. Стенд состоит из рамы 1, двухскоростного электродвигателя 2, коробки передач 4, редуктора 13, кривошипа 11 и ползуна 10, перемещающегося на стойках 12. Наличие коробки передач и двухскоростного электродвигателя обеспечивает большой диапазон скоростей перемещения поршня, необходимых для построения характеристических кривых амортизатора. Для повышения плавности вращения на выходном валу коробки передач установлен маховик 3.

Нижний конец испытуемого амортизатора 8 устанавливается на кронштейн 9 ползуна 10, а верхний посредством кронштейна 7 крепится к измерительной балке 5, закрепленной на стенде. В качестве измерительной балки используется лист рессоры, длиной 500 мм и поперечным сечением 76x9,5 мм.



1 – основание станда; 2 – двухскоростной электромотор; 3 – соединительная муфта; 4 – коробка передач; 5 – упругий элемент станда; 6 – тензометрический элемент; 7 – крепление амортизатора к упругому элементу станда; 8 – амортизатор; 9 – крепление амортизатора к подвижному приводу станда; 10 – кулисный механизм станда; 11 – ведущий диск станда; 12 – вертикальные направляющие кулисного механизма.

Рисунок 1.53 – Стенд для снятия характеристик демонтированного с автомобиля амортизатора.

При проведении испытания амортизатора, сила сопротивления сжатия и отбоя изгибает измерительную балку, на которую наклеены четыре проволочных преобразователя 6, которые называются тензометрическими датчиками. Эти датчики являются рабочими плечами измерительного моста. Два преобразователя напряжения наклеены на верхней части измерительной балки, а два – на нижней её части. При изгибе измерительной балки меняется проводимость преобразователей напряжения. Электрический ток, проходящий через измерительный мост, пропорционален величине прогиба измерительной балки и, следовательно, силовому сопротивлению при сжатии и отбое амортизатора.

В процессе испытаний с помощью коробки передач и двухскоростного электрического двигателя задается 5–10 различных скоростей сжатия и отбоя амортизатора. Скорость перемещения поршня в амортизаторе во время сжатия – отбоя измеряется в м/с. Измерительный мост подключается к осциллографу, который считывает амплитуду изгиба измерительной балки в ходе сжатия и

отбоя амортизатора. Мы уже упоминали, что величина изгиба пропорциональна изгибающему усилию, поэтому на графике вместо величины изгиба откладывается пропорциональная величине прогиба сила, необходимая для изгиба измерительной балки. По полученным результатам испытаний строится график зависимости усилия, прилагаемого к амортизатору, от скорости движения поршня внутри цилиндра амортизатора.

Этот способ позволяет относиться к методу объективной диагностики, который не зависит от субъективного восприятия результатов измерений оператором, а основывается на объективных характеристиках, позволяющих наиболее достоверно оценить работоспособность амортизатора. Снятие характеристик амортизатора в основном используется производителями для испытаний и контроля качества своей продукции, а также при сертификации амортизаторов. На станциях технического обслуживания этот метод оценки работоспособности амортизатора не применяется из-за значительной трудоёмкости снятия и установки амортизаторов.

1.6.1.3 Метод колебаний кузова

Простейший метод проверки работоспособности амортизаторов бесхитростен: раскачивая кузов автомобиля вверх – вниз или из стороны в сторону (см. рисунок 1.54) и наблюдают за его колебанием. Кузов не должен легко раскачиваться, а после снятия возмущающих сил колебания должны быстро прекратиться через один – два цикла. При неисправных амортизаторах раскачка кузова – довольно легкое дело, а затухание колебаний будет занимать большее время. Исследование затухания колебаний кузова после его раскачки позволяет оценить работу подвески только при малых скоростях перемещения поршня внутри цилиндра амортизатора, когда жидкость не открывает перепускных клапанов, а перетекает из одной полости в другую по щелевым каналам, расположенным на боковой поверхности поршня.

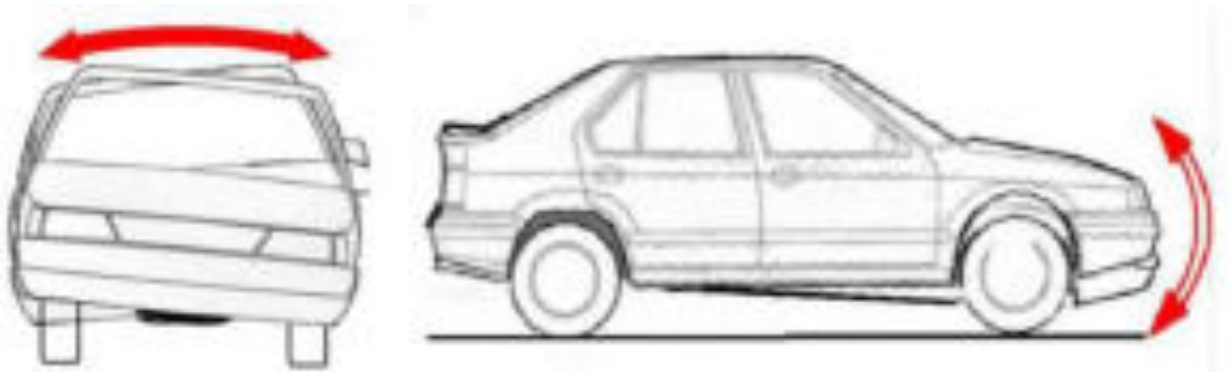


Рисунок 1.54 – Простейший метод проверки работоспособности амортизаторов.

Как и визуальный осмотр, этот способ проверки работоспособности амортизаторов субъективен, так как результаты испытаний всецело зависят от опыта автомеханика. В большинстве случаев этот способ используется как дополнение к визуальному осмотру и позволяет достоверно установить лишь полную потерю работоспособности амортизатора, то есть если поршень заклинило или шток перемещается практически без сопротивления из-за утечки жидкости или поломки перепускного клапана.

При исправных амортизаторах после интенсивного толчка автомобиля вниз кузов должен подняться, опуститься и при последующем подъеме остановиться. Это означает, что колебания должны прекратиться за полтора периода колебаний. Неисправные амортизаторы позволят кузову совершить более трех полных колебаний вверх-вниз. Если неисправен только один амортизатор оси, то колебания кузова будут частично гаситься другим амортизатором, что практически невозможно определить на глаз.

Более точная оценка состояния амортизаторов производится с помощью специальных приборов и стендов.

1.6.1.4 Использование прибора с датчиком перемещения

Прибор состоит из блока 1 (см. рисунок 1.55), в котором помещен ультразвуковой датчик, вычислительного устройства, пульта управления, дисплея и печатающего устройства, а так же источника ультразвука. Блок закрепляется

на крыле автомобиля с помощью присосок, а источник ультразвука 2 кладется рядом с колесом на пол.



Рисунок 1.55 – Испытание амортизаторов методом свободных колебаний кузова.

В память прибора предварительно вводятся данные об автомобиле. Опорными данными являются результаты измерений, полученные на заведомо исправном автомобиле. Как правило, базы опорных данных поставляются производителем в комплекте с диагностическим оборудованием.

Переднюю или заднюю часть автомобиля, в зависимости от расположения крыла с закрепленным на нем датчиком толкают вниз. Ультразвуковой датчик регистрирует колебания кузова и вычисляет коэффициент их затухания. Коэффициент затухания колебаний – величина относительная, вычисляемая по опорным данным.

Этот метод, несмотря на его техническую оснащенность и показательность, позволяет довольно приблизительно оценить работоспособность каждого из амортизаторов, так как оцениваются только низкочастотные колебания подвески, когда в работе участвуют щелевые каналы поршней, но перепускные клапаны в силу недостаточного роста давления в работу не вступают.

1.6.1.5 Шок-тест (shock-test)

Шок-тест проводится на стенде, состоящем из небольшого пневматического подъемника и устройства с подпружиненными рычагами, отслеживающими вертикальные перемещения кузова (см. рисунок 1.56).



1 – Рычаг изменения колебаний кузова; 2 – Платформа подъема и сброса автомобиля.

Рисунок 1.56 – Шок-тест.

Автомобиль устанавливают на платформу 2 передними или задними колесами. Рычаг 1 устройства закрепляют за колесные арки. Колеса испытуемой оси поднимают на высоту примерно 10 сантиметров, а затем резко отпускают, вызывая довольно сильные колебания кузова, а вместе с ним и рычагов. По результатам теста компьютер стенда вычисляет коэффициент затухания колебаний для каждого из амортизаторов испытуемой оси.

Шок-тест более информативный метод диагностики, чем ранее рассмотренные методы колебаний кузова, каким бы способом эти колебания не оценивались. Более высокая информативность заключается в высокой скорости перемещения поршня в цилиндре амортизатора, которая приводит к перетеканию жидкости не только через боковые щелевые каналы, но и через отверстия перепускных клапанов.

1.6.1.6 Резкое торможение

Испытание на резкое торможение «с клевком», то есть когда в результате торможения упругие элементы передней подвески резко сжимаются, производится только при экспресс-диагностике. Как правило, оборудование для экспресс-диагностики устанавливается в зоне приемки автомобилей станций технического обслуживания. Этот тип диагностики является грубой (поверхностной) диагностикой ходовой части и систем управления автомобилем. Помимо работы амортизаторов проверяется эффективность работы тормозных систем и боковой увод автомобиля при отпущенном рулевом колесе.

Стенд состоит из вмонтированных в пол станции технического обслуживания датчиков, соединенных с вычислительным устройством и монитором (см. рисунок 1.57).



Рисунок 1.57 – Стенд для испытаний амортизаторов методом резкого торможения.

Для проведения измерений автомобиль плавно заезжает на измерительную платформу и резко затормаживает колеса. При этом кузов начинает раскачиваться в продольном направлении. Датчики фиксируют изменение нагрузки на переднюю и заднюю части измерительной платформы. По количеству и интенсивности колебаний вычислительное устройство оценивает эффективность работы амортизаторов. Точность измерений при этом способе не-

велика, так как на результаты измерений оказывает существенное влияние исправный амортизатор, находящийся на этой же оси автомобиля.

1.6.1.7 Метод колебания колес

Метод колебания колес (см. рисунок 1.58) точнее моделирует реальные условия работы амортизаторов и позволяет детально определить степень их износа. Метод колебаний колес автомобиля реализуется на линиях экспресс-диагностики двумя способами:

- амплитудно-резонансным способом;
- способом EUSAMA (European Association Of Shock Absorber Manufacturer) – Европейская ассоциация производителей амортизаторов.



Рисунок 1.58 – Стенд испытаний амортизаторов и подвески колес методом колебаний опорной платформы.

В обоих случаях автомобиль устанавливается на специальные платформы, которые по очереди сообщают вертикальные колебания колесам автомобиля.

1.6.1.8 Амплитудно-резонансный способ

Амплитудно-резонансный способ измерения (см. рисунок 1.58) заключается в изучении амплитуды (величины перемещения) платформы с установ-

ленным на нем колесом автомобиля. Платформе сообщаются колебания частотой около 16 Гц (1Герц – одно колебание в секунду). По мере их затухания наступает резонанс. Резонансом называют резкое возрастание амплитуды колебаний при совпадении собственной частоты колебаний подвески автомобиля и частоты колебаний измерительной платформы. Чем больших значений достигает амплитуда резонансных колебаний, тем хуже амортизатор гасит колебания.

Сравнивая результаты измерений с опорными данными, стенд выдает заключение об эффективности работы амортизатора.

1.6.1.9 Способ EUSAMA

Этот способ позволяет непосредственно оценивать способность подвески колеса удерживать контакт с неровной дорогой.

Стенд отслеживает силу, с которой колесо автомобиля воздействует на измерительную платформу. Измерения производятся сначала на неподвижной платформе. При этом определяется статическая нагрузка, приходящаяся на колесо. Затем платформе сообщаются колебания около 25 Гц. В процессе затухания колебаний определяется резонансная частота и нагрузка колеса на измерительную платформу во время достижения резонансной частоты колебаний.

По результатам измерений компьютер вычисляет коэффициент сцепления колеса с опорной поверхностью, выраженный в процентах. Этот коэффициент равен отношению минимальной зафиксированной нагрузки к нагрузке на неподвижную платформу.

1.6.1.10 Рекомендации по ремонту амортизаторов

- При появлении явных признаков неисправности амортизаторов, например, значительных подтеков жидкости, целесообразнее производить их замену без диагностики;

- Желательно менять сразу оба амортизатора одной оси, даже если вышел из строя только один из них;
- Если амортизаторы имеют пыльник, предохраняющий поверхность штока амортизатора от грязи, то при его повреждении следует немедленно произвести замену пыльника, иначе загрязнение штока быстро повредит уплотнение;
- Наличие свободного хода (практически без сопротивления) двухтрубного телескопического амортизатора не всегда означает его неисправность. Возможно, из-за хранения в горизонтальном положении воздух, находящийся в компенсационной полости, попал в рабочий цилиндр. Для восстановления работоспособности его достаточно «прокачать», совершив 3 – 5 полных ходов штока, удерживая амортизатор в вертикальном положении.
- При сильных морозах жидкость в амортизаторе может загустеть, его сопротивление возрастает, и подвеска автомобиля становится жесткой. Это может быть следствием низкого качества амортизаторной жидкости или несоответствия амортизатора климатическим условиям. Чтобы избежать чрезмерных нагрузок на кузов и подвеску, первые 1 – 2 километра после длительной стоянки желательно двигаться с небольшой скоростью. В процессе движения жидкость нагреется, и амортизатор восстановит свои характеристики.
- Средний срок службы амортизаторов зависит от многих факторов – качества изготовления, состояния дорог, исправности подвески, манеры вождения. Желательно проводить диагностику амортизаторов при каждом Техническом обслуживании автомобиля.
- При диагностике амортизаторов на стенде не допустимо фиксировать автомобиль стояночным тормозом. Это может исказить результаты измерения из-за дополнительного сопротивления колебаниям, а иногда приводит к поломке оборудования.
- Амортизаторы легковых автомобилей проходят сертификацию по

ОСТу 37.001.440-86, допускающему отклонения сил сопротивления амортизатора от номинальных значений до $\pm 15\%$ при отбое, и $\pm 20\%$ при сжатии. Поэтому возможно, что при диагностике автомобиля с новыми амортизаторами диагностическое оборудование покажет недопустимую разность эффективности их работы.

В каждом из диагностических способов происходит измерение разных физических величин, поэтому нельзя сравнивать между собой результаты измерений по разным методам.

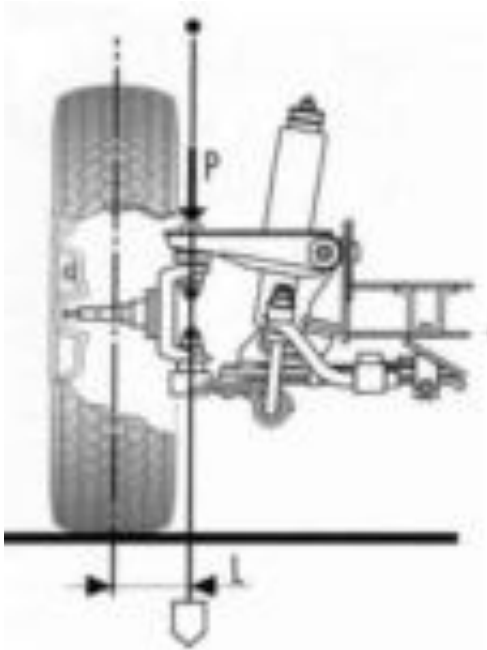
1.7 Углы установки колес автомобиля

Кроме неисправностей, вызванных недостатками в работе направляющих, демпфирующих и упругих элементов подвески, периодически возникают нарушения в работе ходовой части автомобиля, вызванные неправильной установкой колес относительно кузова или рамы автомобиля. Эти неисправности могут возникнуть сразу же после замены изношенных деталей подвески или рулевого управления. В этой главе мы подробно рассмотрим значение этих углов в управляемости и устойчивости автомобиля, рассмотрим способы их измерения и регулирования.

1.7.1 Развал

Прежде всего, необходимо уяснить, зачем вообще нужны какие-то углы установки колес, как будет себя вести автомобиль, если изменить эти углы и каким способом эти углы измерить.

Довольно простое, и, казалось бы, очевидное решение – вообще не делать никаких углов. Давайте установим управляемые колеса так, чтобы плоскость вращения каждого колеса была бы перпендикулярна полотну дороги. При этом в ходе сжатия – отбоя колесо останется перпендикулярным к дороге, в постоянном и надежном контакте с ней (см. рисунок 1.59).



P – вертикальная нагрузка; L – плечо обката.

Рисунок 1.59 – Установка колеса перпендикулярно плоскости дороги.

Правда, совместить центральную плоскость вращения колеса и ось его поворота конструктивно довольно сложно, поскольку обе шаровые опоры вместе с тормозным механизмом внутрь колеса не помещаются. А раз так, то плоскость вращения колеса и ось его поворота будут находиться на расстоянии « L », называемом плечом обката. При повороте управляемого колеса оно как бы обкатывается вокруг оси, проходящей через шаровую опору и шаровой шарнир. При движении сила сопротивления качению колеса создает на этом плече ощутимый момент, скачкообразно меняющийся при проезде неровностей. Механизмы и детали рулевого управления передают все эти толчки на руки водителя. Кроме того, придется прикладывать значительное усилие при рулении, преодолевая момент сопротивления повороту колеса вокруг оси. Чтобы снизить момент сопротивления повороту плечо обката необходимо уменьшить, ил свести к нулю.

Одним из вариантов выхода из положения является наклон плоскости вращения колеса (см. рисунок 1.60а), при этом уменьшится плечо обката « L ». Но слишком большой угол наклона плоскости вращения колеса нежелателен, так как колесо будет катиться по внешнему краю протектора шины, что вызовет повышенный износ внешнего края шины. Пятно контакта колеса с дорогой

при таком расположении колеса уменьшится, что повлечет значительную потерю устойчивости движения в повороте из-за возможного возникновения бокового скольжения.

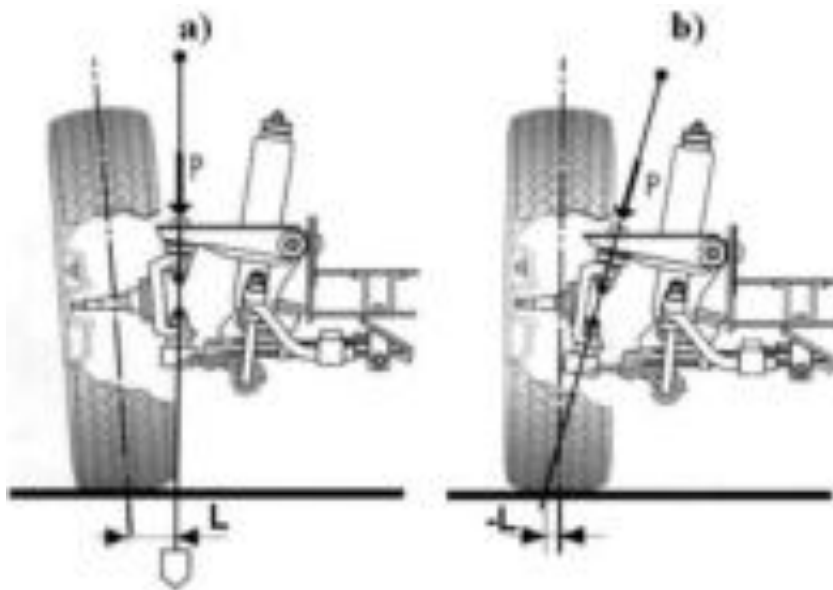
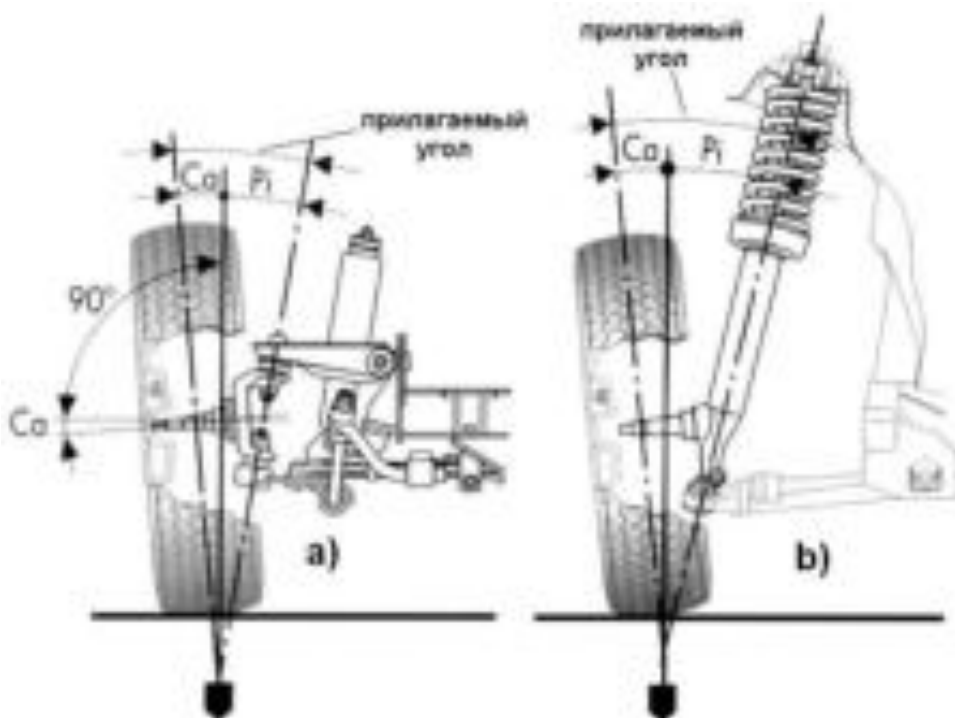


Рисунок 1.60 – Методы уменьшения величины плеча обката.



C_a – угол наклона оси вращения колеса; P_i – угол поперечного наклона оси поворота колеса.

Рисунок 1.61 – Установка угла наклона плоскости вращения управляемого колеса автомобиля (развала).

Вторым способом выхода из создавшегося положения является наклон

оси поворота колеса, как это показано на рисунке 1.60b. В этом случае плечо обката можно свести к нулю, или даже сделать это плечо с отрицательным значением. Но если плечо обката уменьшать только одним наклоном оси его поворота, то нижняя: шаровая опора будет размещена глубоко внутри колеса, а внутри колеса необходимо поместить ещё и тормозной механизм.

Но можно наклонить ось поворота и одновременно наклонить плоскость вращения колеса, как это показано на рисунке 1.61. При наклоне оси поворота колеса важно не переусердствовать, чтобы при ходе вверх колесо своей верхней частью не слишком заваливалось внутрь, то есть в ходе сжатия – отбоя подвески колеса угол его установки не претерпевал значительных изменений.

На практике это делают так: несколько наклонив ось поворота (P_i) (см. рисунок 1.61), а необходимую величину угла наклона добивают наклоном плоскости вращения колеса (C_a). Угол (C_a) называют развалом, под этим углом колесо опирается на дорогу. В поперечной плоскости положение колеса характеризуется углами “ C_a ” (развал) и “ P_i ” (наклон оси поворота, или как его по старинке называют поперечный угол наклона шкворня).

В схеме с треугольными рычагами (см. рисунок 1.61a) прилагаемый угол образуется суммированием, угла продольного наклона оси вращения управляемого колеса (C_a) и угла наклона плоскости поворота управляемого колеса (P_i).

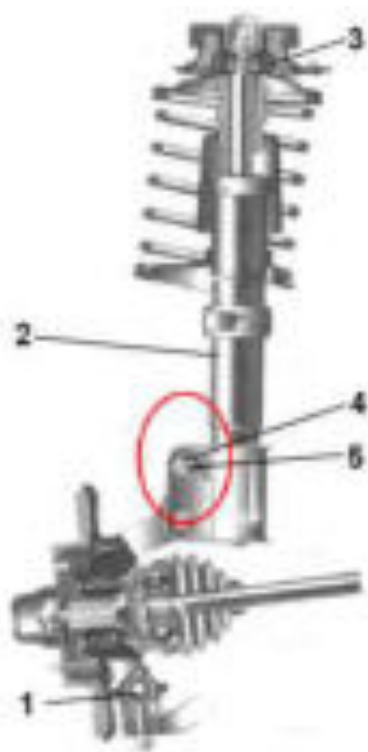
При схеме построения передней подвески управляемого колеса с двумя рычагами, угол «развала» обычно можно изменять, увеличивая или уменьшая количество регулировочных прокладок под креплением верхнего рычага к кузову автомобиля, или к передней балке.

На автомобилях с подвеской «Mac Pherson» (см. рисунок 1.61b) ось поворота управляемого колеса проходит через верхнюю опору телескопической стойки, расположенной в брызговике моторного отсека, и шаровую опору, которая соединяется с нижней частью телескопической стойки.

В большинстве случаев «развал» у телескопических стоек заднеприводных автомобилей не регулируется, или регулируется перемещением нижней шаровой опоры относительно нижнего рычага подвески.

На переднеприводных автомобилях нижняя часть телескопической стойки обычно упирается в верхнюю часть поворотной цапфы, а нижняя её часть шарнирно связана с поперечным рычагом передней подвески. Такая схема построения передней подвески необходима для размещения шарового шарнира привода управляемых колес (ШРУСа).

Рассмотрим пример регулирования «развала» на автомобиле ВАЗ-2108-2110.



1 – шаровая опора; 2 – телескопическая амортизаторная стойка; 3 – подшипник верхней опоры; 4 – эксцентриковый узел регулировки развала; 5 – контргайка.

Рисунок 1.62 – Регулировочный узел передней подвески автомобиля ВАЗ-2109.

Ось поворота управляемого колеса проходит через подшипник верхней опоры 3 и шаровую опору 1. Верхняя часть поворотного кулака (поворотной цапфы) прикреплена к телескопической стойке 2 посредством приваренного к стойке металлического хомута. Хому крепится к поворотному кулаку двумя болтами: верхний болт 4 с эксцентриковым корпусом, нижний болт обычной конструкции.

Ослабив гайки 5 обоих болтов можно изменить положение кулака относительно телескопической стойки, поворачивая эксцентриковый болт. После окончания регулировки гайки затянуть с усилием 8-10 кгс м (77,5-96,1 Н м.).

Необходимо заметить, что способов регулирования развала и схождения колес автомобиля великое множество. Например, у показанной на рисунке (см

рисунок 1.63а) передней оси автомобиля Audi величина развала колес не регулируется, но перемещая подрамник 2 вместе с закрепленным на нем двигателем вправо или влево, можно выровнять эти углы. На задней оси (см. рисунок 1.63b) эксцентриковым болтом 1 можно произвести регулировку развала, а болтом 3 – схождения задних колес. Описать все способы регулировки и поместить таблицы регулировочных данных невозможно в рамках одного Учебного пособия, да и не к чему это. Современное диагностическое оборудование, построенное на базе персональных компьютеров, имеет прикладные базы данных, в которых отражены все необходимые сведения практически по всем существующим маркам автомобилей, причем база данных постоянно обновляется через интернет.



а – передняя ось автомобиля; b – задняя ось автомобиля; 1 – эксцентриковый болт регулировки развала колеса задней оси; 2 – подрамник передней оси; 3 – эксцентриковый болт регулировки схождения колеса задней оси.

Рисунок 1.63 – Узлы регулировки развала и схождения.

Значительный вклад в «правильное» поведение автомобиля вносит отрицательное плечо обката – при возрастании сопротивления качению колеса, оно автоматически корректирует траекторию движения. Одно необходимое условие – углы установки колес одной оси должны быть одинаковыми.

На приведенных схемах (см. рисунок 1.64) рассмотрен случай движения автомобиля по дороге, имеющей различный коэффициент сопротивления ка-

чению под колесами противоположных бортов автомобиля. Например, в случае движения левыми колесами по трамвайным путям, мощных булыжником.

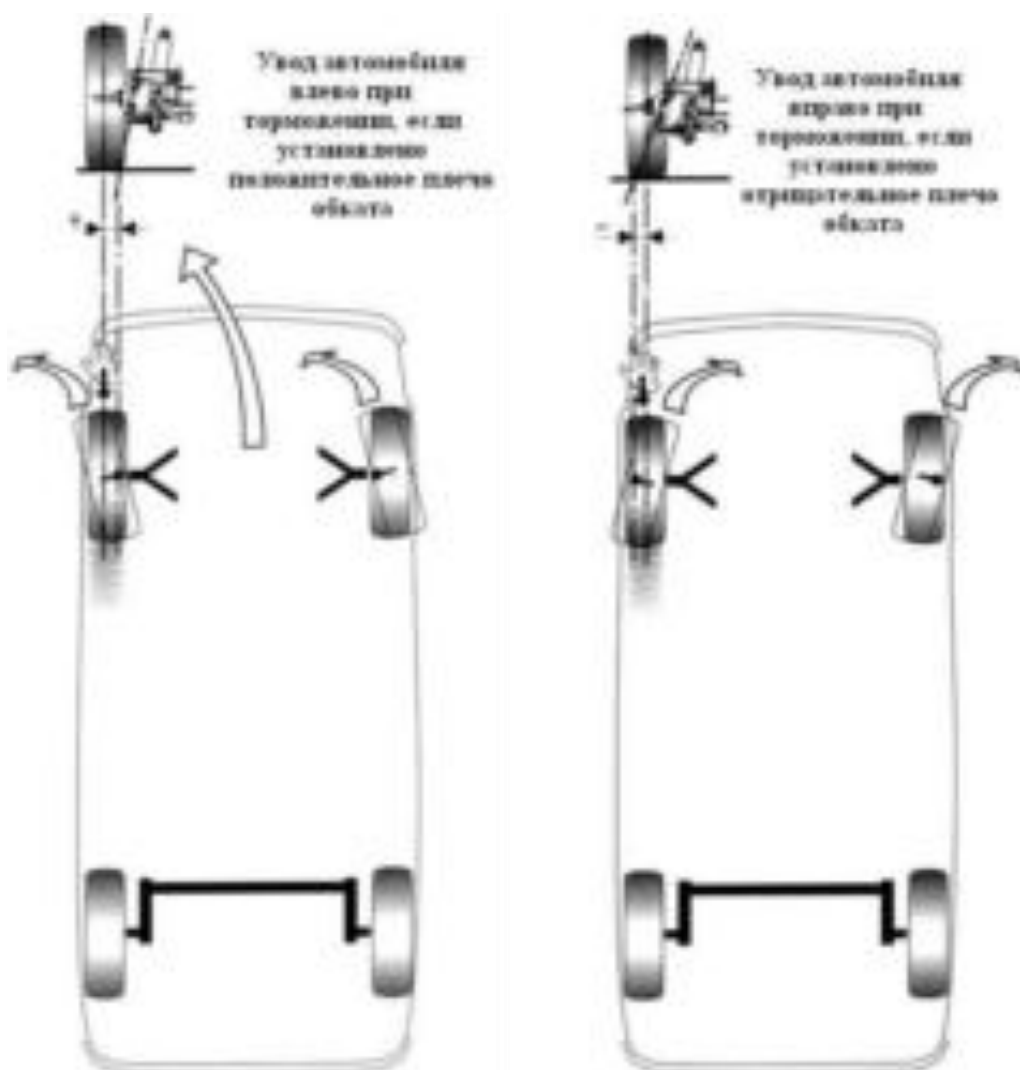


Рисунок 1.64 – Влияние плеча обката на управляемость и курсовую устойчивость автомобиля.

При положительном плече обката транспортное средство стремится описать дугу вокруг точки пересечения оси поворота управляемого колеса с поверхностью дороги. Заднюю часть автомобиля будет уводить вправо, а сам автомобиль будет стремиться повернуть влево. При отрицательном плече обката произойдет обратное: заднюю часть автомобиля будет уводить влево, а сам автомобиль будет стремиться повернуть вправо. Увод управляемой оси в

любом случае явление нежелательное, но отрицательное плечо обката оказывает положительное влияние на стабилизацию колес. Стабилизацией именуют свойство колес сохранять положение, соответствующее прямолинейному движению, и стремление управляемых колес к автоматическому возвращению в положение, соответствующему прямолинейному движению автомобиля. Желая обеспечить хорошую стабилизацию управляемым колесам, конструкторы намерено закладывают в конструкцию небольшое по значению отрицательное плечо обката.

Как видите, трудно переоценить влияние геометрии подвески на управляемость и устойчивость автомобиля. Естественно, конструкторы уделяют ей самое пристальное внимание, ну а владельцы автомобилей? Часто ли они обращаются в сервисный центр с целью проверки углов установки колес. К сожалению, в ходе сертификации сервисных центров автор выяснил, что у персонала, занимающегося ремонтом ходовой части, довольно туманное представление о значении углов установки колес автомобиля.

Углы для каждой модели автомобиля конструкторы определяют после достаточно сложных расчетов и испытаний, доводочных работ и повторных испытаний. В конце концов, подбираются такие углы, которые предотвращают потерю управляемости и устойчивости при движении автомобиля даже в наихудших дорожных условиях. Но всё что задумано, будет работать только при полной исправности всех узлов подвески колес автомобиля.

При езде на автомобиле с изношенными элементами подвески колеса заметно расходятся даже от приложения небольших сил, но стоит остановиться, как в статике все углы вновь занимают свое изначальное положение. Так что регулировать углы на изношенной подвеске – бесполезное занятие. Сначала нужно ее отремонтировать.

Конечно же, свести на нет все воплощенные в металле технические решения конструкторов можно и другими способами, например, хорошенько задраить заднюю часть автомобиля (см. рисунок 1.65). Углы установки колес, особенно угол продольного наклона оси поворота колеса, который носит название

«кастер», серьезно пострадает, а этот самый кастер отвечает за динамическую стабилизацию колес. И если при разгоне «горе-спортсмен» еще сможет справиться с ситуацией, то при экстренном торможении – вряд ли. А если добавить нестандартные шины и колеса с иным вылетом, которые так любят «спортсмены», – кто возьмется предсказать, что получится в конечном итоге? Раньше срока изношенная резина и «убитые» подшипники – полбеда. Может быть и хуже...

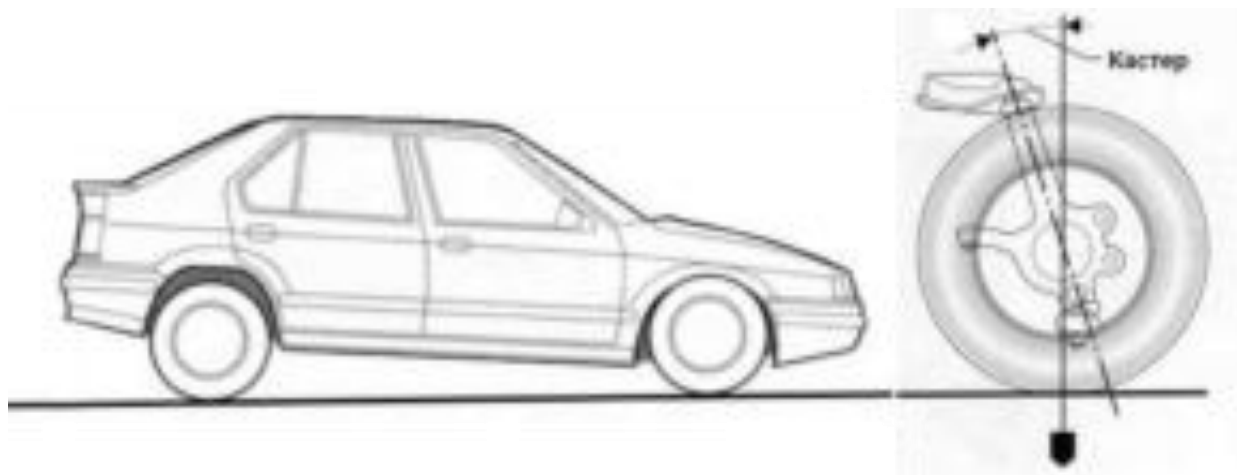


Рисунок 1.65 – Преднамеренный «подъем» задней части добавлением проставок под пружины задней подвески недопустимо изменяет геометрию установки колес.

1.7.2 Схождение

Выяснив на значение развала, можем приступить к изучению второго параметра регулировки углов установки колес, называемым «схождением колес». Для этого рассмотрим рисунок 1.66.

В результате вертикальной нагрузки, приходящейся на колесо, покрышка в зоне контакта деформируется. Автомобиль с наклоненными в результате установки развала колесами движется, словно на двух конусах, стремящихся раскатиться в стороны. Чтобы компенсировать это желание колес разъехаться в разные стороны, плоскости вращения колес необходимо свести,

так чтобы они пересекались где-то впереди автомобиля. Тогда колеса, желающие разъехаться в разные стороны, будут двигаться в направлении, совпадающем с продольной осью автомобиля. Процесс сведения плоскостей вращения колес называют их сходимением, причем, если плоскости вращения колес будут пересекаться впереди автомобиля – схождение называют положительным, и наоборот, если плоскости вращения колес пересекаются за автомобилем – схождение отрицательное.

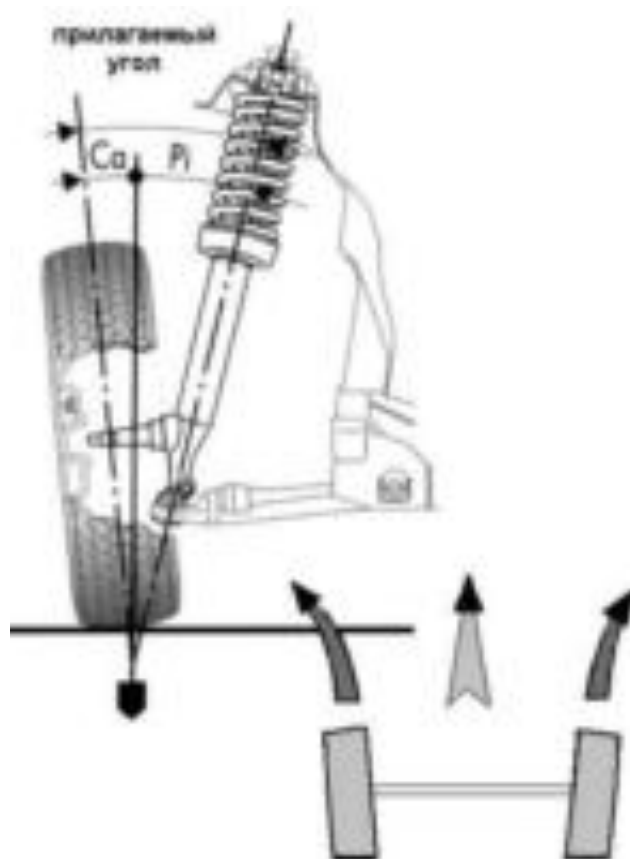


Рисунок 1.66 – При положительном развале колеса стремятся разъехаться в разные стороны.

Нетрудно догадаться, что оба параметра жестко связаны (см рисунок 1.67). Это значит, если угол развала нулевой, не должно быть и схождения. Если угол развала положительный, схождение тоже должно быть положительным. Если же развал отрицательный – требуется расхождение, иначе шины будут «гореть». Если же на автомобиле развал колес выставлен по-разному, его будет тянуть в сторону колеса с большим наклоном.

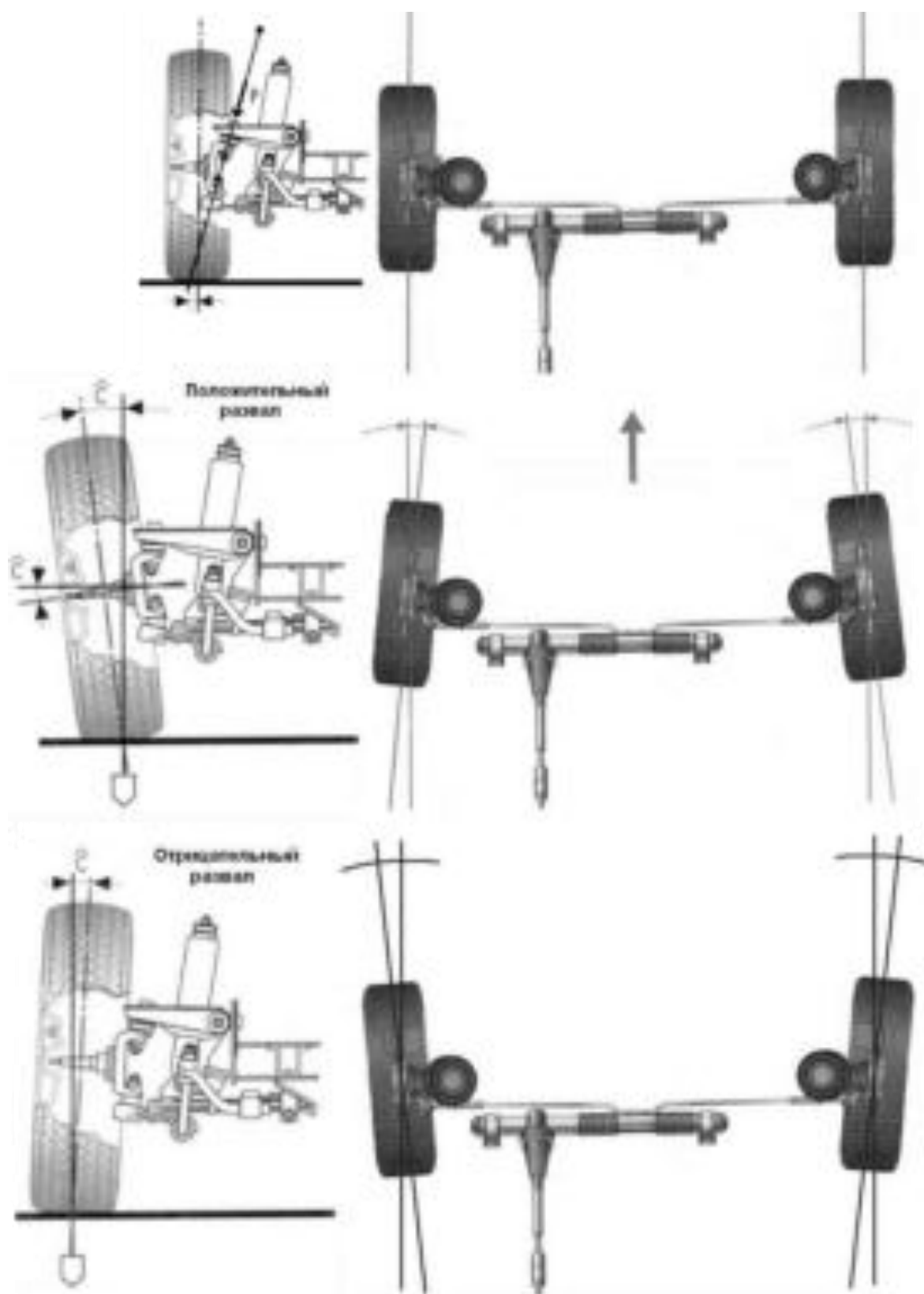
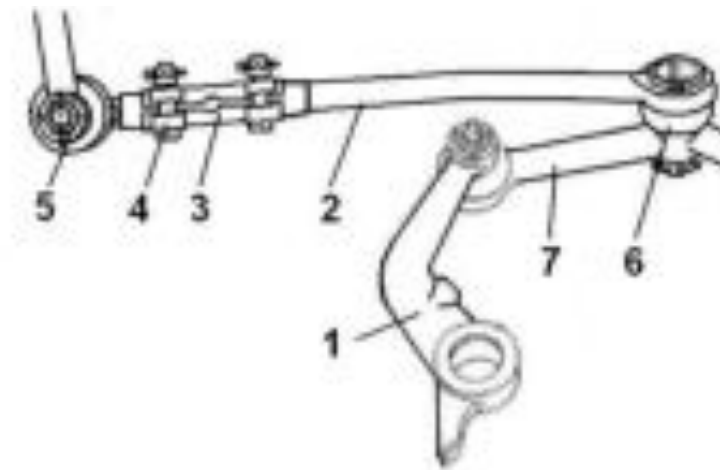


Рисунок 1.67 – Связь между углом наклона плоскости вращения колеса (развалом) и схождением колес.

Схождение колес во всех конструкциях автомобилей регулируется практически одинаково – изменением длины продольных тяг рулевого управления.



1 – сошка рулевого механизма; 2 – рулевая тяга; 3 – разрезная резьбовая муфта; 4 – стяжной болт; 5 – рулевой наконечник; 6 – рулевой шарнир; 7 – поперечная рулевая тяга.

Рисунок 1.68 – Узел регулировки схождения управляемых колес.

На рисунок 1.68 показана конструкция узла регулирования схождения управляемых колес. Угол схождения управляемых колес устанавливается поворотом разрезной резьбовой муфты 3, которая имеет на внутренней поверхности правую и левую резьбу. Вращая разрезную резьбовую муфту, можно изменять общую длину рулевой тяги 2 и рулевого наконечника 5. Точно такая же конструкция установлено на рулевом приводе противоположного управляемого колеса. Как регулируется схождение колес задней оси, вспомни описание рисунка 1.63.

1.7.2 Углы, отвечающие за стабилизацию управляемых колес

Рассмотрим углы подвески, которые обеспечивают стабилизацию управляемых колес, проще говоря, заставляют автомобиль с отпущенным рулем ехать прямо. Первый, уже знакомый нам угол поперечного наклона оси поворота (P_i) (см рисунок 1.61), отвечает за весовую стабилизацию.

Нетрудно заметить (см. рисунок 1.69), что при установке продольного угла наклона оси поворота колеса в момент его поворота, то есть отклонения

от нейтрального положения передняя часть автомобиля начинает приподниматься. А так как весит передняя часть немало, как только водитель отпустит рулевое колесо, под действием силы тяжести система стремится занять крайнее нижнее положение, соответствующее движению прямо. Правда, для этого приходится сохранять то самое, хоть и небольшое, но нежелательное положительное плечо обката, так, как только при его положительном значении поворот управляемого колеса сопровождается подъемом передней части кузова.

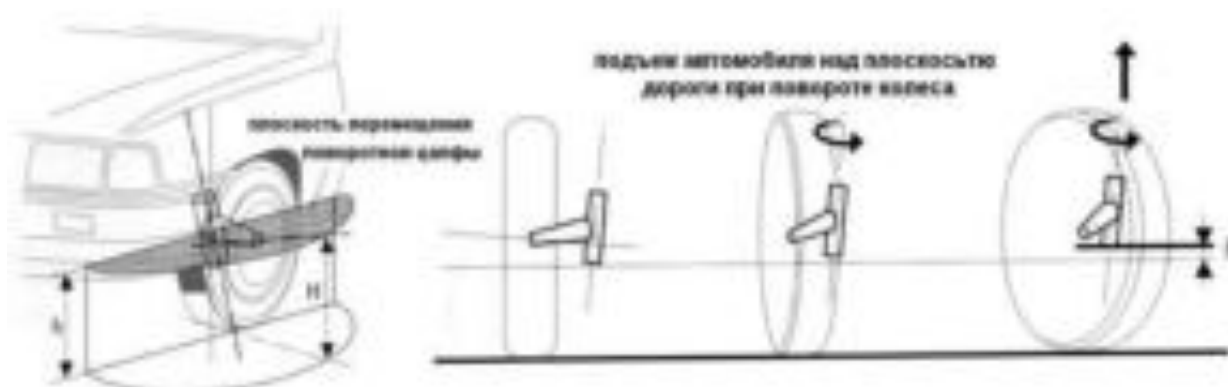


Рисунок 1.69 – Влияние угла продольного наклона оси поворота управляемого колеса (кастера) на стабилизацию управляемых колес при движении автомобиля.

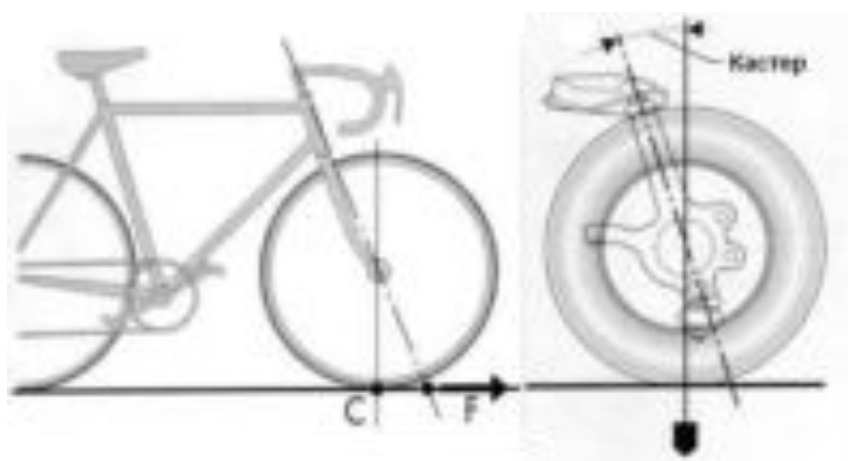


Рисунок 1.70 – Влияние продольного угла наклона оси поворота колеса (кастера) на появление стабилизирующего момента.

Продольный угол наклона оси поворота – кастер – дает динамическую стабилизацию. Принцип ее ясен из поведения рояльного колесика: в движении оно стремится оказаться позади ножки, то есть занять наиболее устойчивое положение. Чтобы получить тот же эффект в автомобиле, точка пересечения

оси поворота с поверхностью дороги (F) (см. рисунок 1.70) должна быть впереди центра пятна контакта колеса с дорогой (C). Для этого ось поворота и наклоняют в плоскости, параллельной продольной оси автомобиля.

Стремление к восстановлению прямолинейного движения автомобиля называется кинематическим следящим действием рулевого привода. Кроме того, должна соблюдаться пропорциональность между усилием на рулевом колесе и моментом сопротивления повороту управляемых колес, а также заданное соответствие между углом поворота рулевого колеса и углом поворота управляемых колес.

При движении на велосипеде «без рук» (см. рисунок 1.70) используют кинематическое следящее действие продольного угла наклона оси поворота. Если вектор силы тяжести проходит через продольную ось, соединяющую два пятна контакта колес велосипеда, управляемое колеса всегда будет стремиться занять такое положение, при котором велосипед будет двигаться прямо. Если же вектор силы отклонится в какую-либо сторону от продольной оси, управляемое колесо повернет, стараясь совместить вектор силы тяжести с продольной осью.

При движении на автомобиле угол продольного наклона совместно с углом поперечного наклона оси поворота рулевого колеса позволяют водителю ощущать, на какой угол повернуты колеса. С увеличением угла поворота управляемого колеса возрастает сила сопротивления повороту.

При повороте боковые реакции дороги, приложенные позади колеса, стараются вернуть повернутое колесо на место. Если же на автомобиль действует боковая сила, не связанная с поворотом (например, вы едете по косогору или при боковом ветре), то кастер, подобно стремлению велосипеда вернуть вектор силы тяжести на продольную ось, обеспечивает самопроизвольный плавный поворот управляемых колес автомобиля «под уклон» или «под ветер». На рулевом колесе водитель явно ощутит это стремление, так как для удержания рулевого колеса в положении, соответствующем движению прямо, придется прилагать усилие, пропорциональное боковой силе.

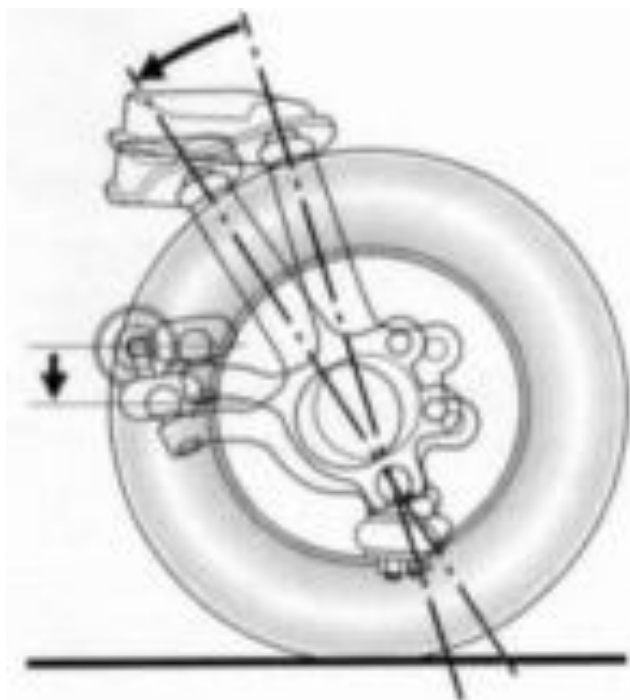


Рисунок 1.71 – Увеличение стабилизирующего момента управляемого колеса при увеличении нагрузки на переднюю ось.

При увеличении нагрузки на переднюю ось автомобиля изменяется и кастер (см. рисунок 1.71). Причем, чем больше нагружена передняя ось автомобиля, тем ниже положение его кузова относительно дороги, и тем сильнее изменяется и положение рулевого механизма относительно колес. Это может вызвать нежелательное увеличение схождения колес.

Перемещение верхней опоры телескопической стойки вниз вызывает не только сжатие пружины, но и перемещение тяги стабилизатора поперечной устойчивости автомобиля, которая так же шарнирно соединена с кузовом автомобиля. Вертикальное перемещение кузова вызовет перемещение всей телескопической стойки немного вперед, что вызовет увеличение угла продольного наклона оси поворота управляемого колеса – кастера. Это значит, чем больше загрузка автомобиля, тем лучше стабилизация управляемых колес.

1.8 Зависимость управляемости автомобиля от состояния кузова автомобиля и элементов крепления осей

Мы уже достаточно много сказали о значении углов установки колес автомобиля, однако не упомянули главного: углы установки колес могут нор-

мально работать только при условии, если элементы кузова не имеют значительной деформации, а оси транспортного средства надежно закреплены на надлежащих местах.

Главенствующую роль в поведении автомобиля в движении имеет геометрия кузова. При значительной деформации кузова, возникающей вследствие столкновений автомобилей или при наезде автомобиля на препятствие, очень трудно без специальных приспособлений установить точки крепления осей автомобиля на их штатные места. Это значит, что основным требованием кузовного ремонта будет являться не только придание благообразного внешнего вида автомобилю, но и возвращение точек крепления осей (контрольных точек) на свои места. Только серьезная сервисная станция, оснащенная соответствующими измерительными системами, способна справиться с этой задачей.

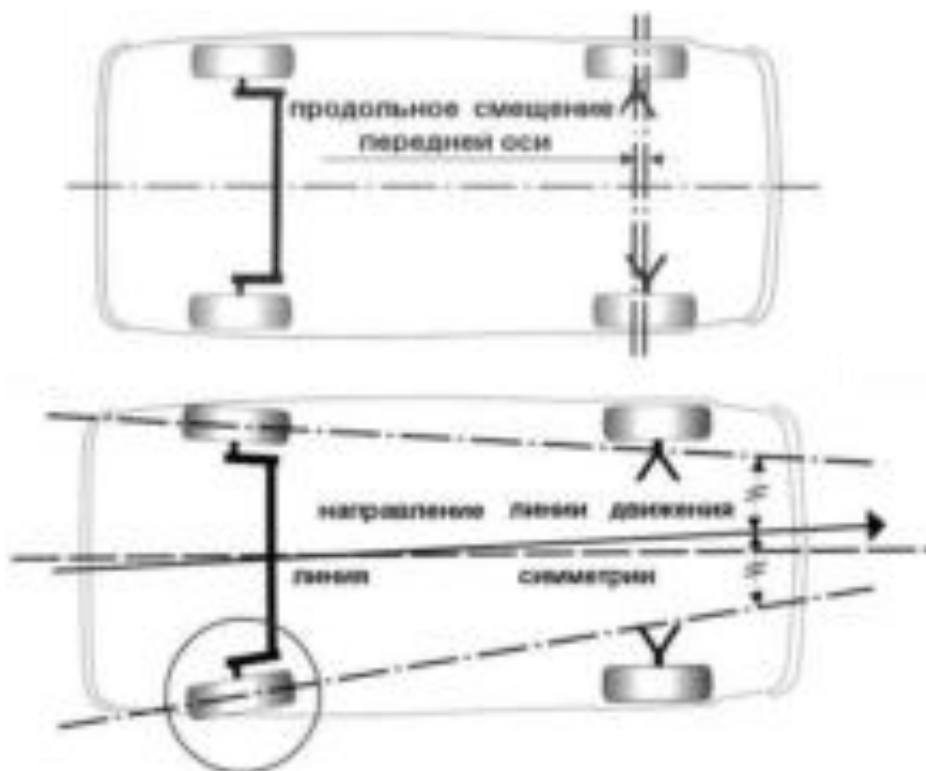


Рисунок 1.72 – Влияние углов установки колес и смещения осей на управляемость и курсовую устойчивость автомобиля.

Продольное смещение одной из осей автомобиля (см. рисунок 1.72) не окажет существенного влияния на поведение автомобиля во время движения, но, если существует значительное отклонение точек крепления колеса от их

штатного расположения, возникшего в результате деформации, или возникшего в результате большого износа элементов крепежа, автомобиль при движении будет уводить в сторону.

На приведенной схеме отображено поведение автомобиля, если имеется существенное отклонение углов установки задних колес автомобиля. Вы видите, поведение автомобиля при движении зависит не только от углов установки передних управляемых колес автомобиля, но и от взаимного расположения всех его колес относительно продольной оси кузова.

На современных автомобилях с высокими потребительскими свойствами заднюю ось автомобиля снабжают устройствами, способными изменять положение задних колес относительно кузова. Регулировкой углов установки задних колес автомобиля можно компенсировать даже значительную деформацию кузова.

1.9 Способы проверки углов установки колес

Довольно распространенным до сих пор способом проверки геометрии подвески является измерение и регулировка углов установки только передних колес автомобиля. Давайте попробуем рассмотреть этот вариант на подходящем примере.

Рассмотрим рисунок 1.73.

Значительный вклад в поведение автомобиля во время движения внесет правое заднее колесо, угол установки которого не соответствует номинальному значению. На схеме показано, что это колесо имеет значительный по величине положительный угол схождения. Независимо от того, является ли это колесо ведущим, задняя часть автомобиля при движении будет стремиться уйти влево, так как линия направления движения, заданная задними колесами не совпадает с продольной осью симметрии автомобиля.

А теперь давайте попробуем устранить эту неполадку установкой углов передних колес.

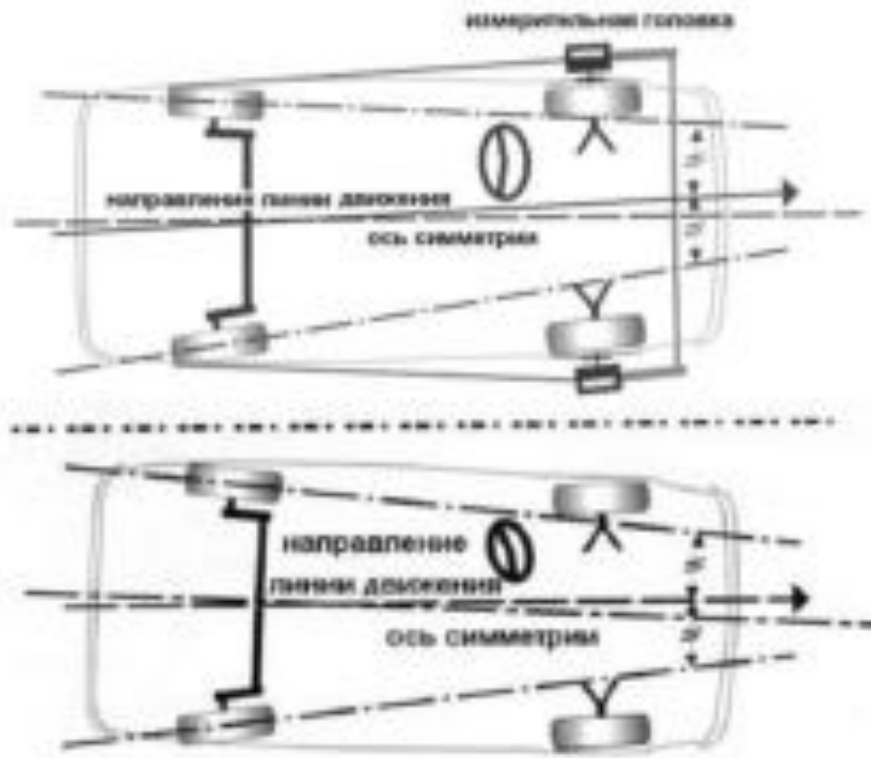


Рисунок 1.73 – Проверка и регулировка углов установки колес с помощью двух измерительных головок, установленных на передние колеса.

Без привязки к геометрии кузова, то есть без оценки углов установки задних колес относительно кузова регулировка установки только передних колес не даст положительного результата. Автомобиль после регулировки углов установки одних передних колес будет все равно уводить в сторону.

После длительного подбора углов установки передних колес автомобиль все же начнет «слушаться руля», однако сам автомобиль будет ходить полу боком. Такое движение автомобиля водители называют «собачим ходом», так как собака ставит задние лапы не в след передних, а с некоторым сдвигом, то есть бежит бочком. Если посмотреть на следы колес такого автомобиля, можно увидеть, что колея задних колес не симметрична продольной оси автомобиля.

Конечно же, на таком автомобиле ехать можно, но резина не выдержит и 10000 километров пробега, а в экстремальных условиях поведение автомобиля может стать непредсказуемым.

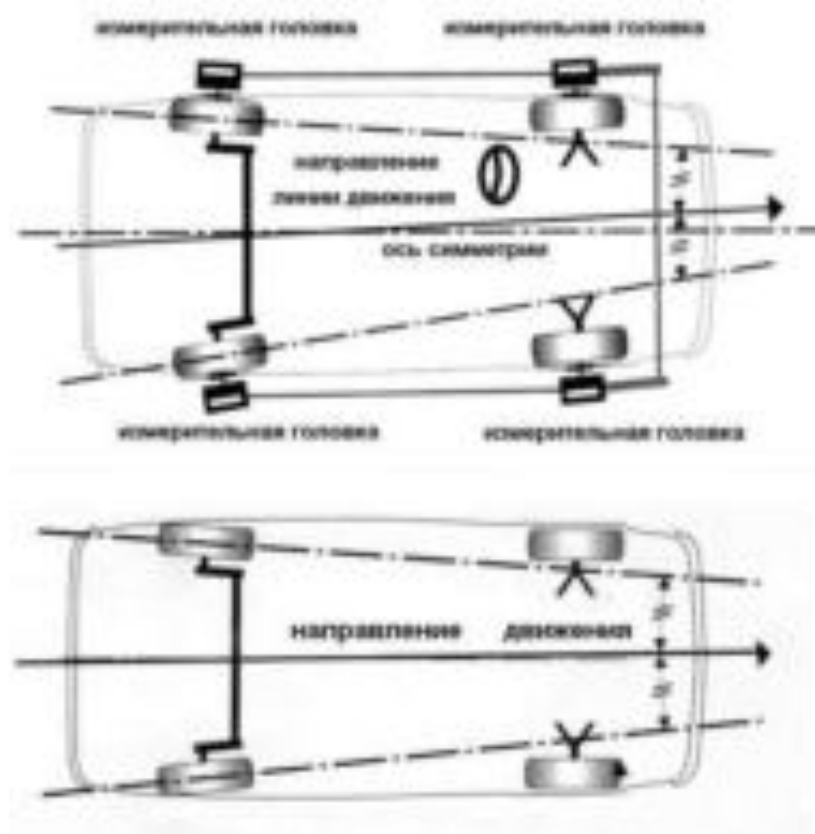


Рисунок 1.74 – Проверка и регулировка углов установки колес с помощью четырех измерительных головок, установленных на передние и задние колеса.

Если же на каждое из колес автомобиля установить измерительную головку (см. рисунок 1.74), то картина проверки и регулировки углов колес кардинально изменится. Система, снабженная четырьмя измерительными головками, позволит проверить взаимное расположение всех четырех колес автомобиля относительно друг друга и относительно продольной оси автомобиля. Конечно же, установку геометрии начнем с задней оси, а затем перейдем и к передней, управляемой оси. Такая последовательность регулировок позволит совместить линию направления движения автомобиля с его продольной осью.

При эксплуатации автомобиля крепление всех четырех его колес в инертной позиции относительно друг друга и кузова автомобиля очень важны. Правильная регулировка углов установки колес оказывает большое влияние на управляемость автомобиля, расход топлива, износ шин и других не менее важных параметров.

Для контроля углов установки колес и предназначены стенды «развал –

схождение».

1.9.1 Единицы измерения и требования к измерительному оборудованию

Давайте вспомним некоторые единицы измерения, которые мы будем применять при контроле геометрии подвески (см. рисунок 1.75).

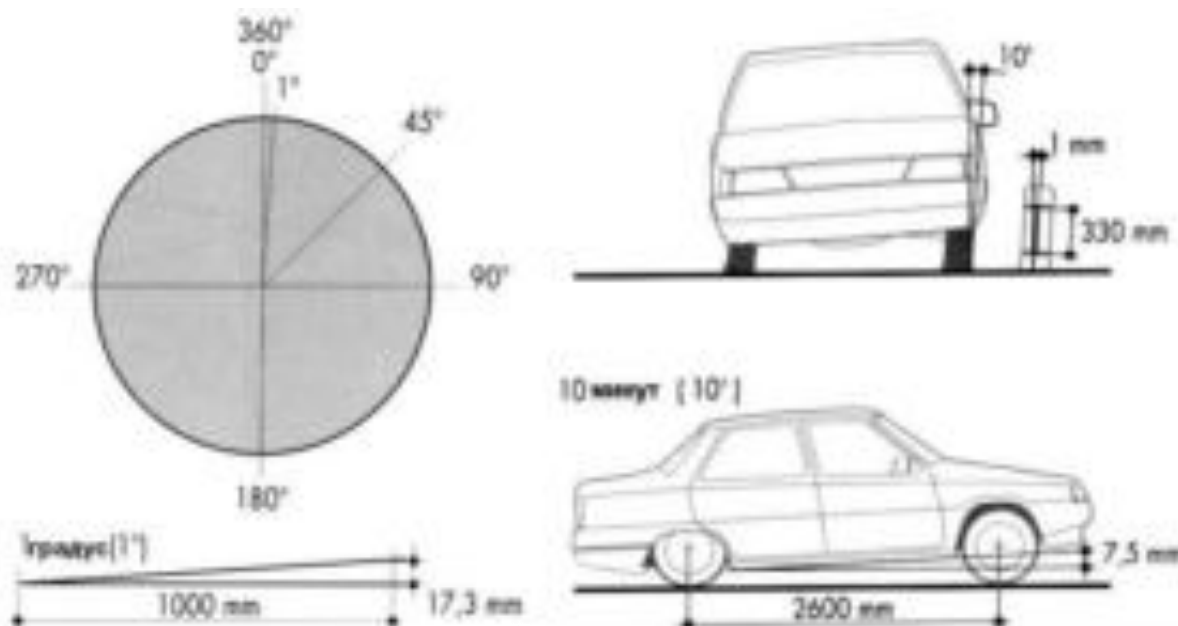


Рисунок 1.75 – Единицы измерения и влияние отклонения установки автомобиля на точность измерений.

В миллиметрах выражается ширина и высота покрышки. На грузовых автомобилях в миллиметрах может быть выражен посадочный размер покрышки (диаметр обода).

Градусы ($^{\circ}$) и минуты ($'$): эти единицы измерений применяются для численного выражения углов установки колес.

Дюйм ($"$); 25,4 мм. Обычно используется для численного выражения диаметра обода (посадочный размер) покрышки легкового автомобиля.

1° (градус): Если разделить окружность на 360 равных частей, угол между двумя линиями, соединяющими два соседних деления с центром окружности, будет составлять 1° (градус).

Установим взаимосвязь между различными единицами измерений.

1°(градус) равен 60 минутам.

Уклон в 1° соответствует высоте 17,3 мм по отношению к ширине 1000мм (метр).

Отклонение в 1 мм верхней части обода колесного диска с посадочным размером в 13 дюймов соответствует углу 10 минут (10 ').

Если кузов автомобиля с колесной базой 2600 мм будет находиться на наклонной поверхности, у которой точка под одним колесом находится выше другой на 7,5, уклон поверхности будет составлять 10 минут (10 ').

1.9.2 Требования к измерительным приборам и оборудованию

Подъемник, на котором будет производиться контроль и регулировку геометрии подвески должен быть исправным. Установка подъемника должна быть исключительно точной (см. рисунок 1.76). Любое отклонение от горизонтали или вертикали вызовет существенную погрешность в измерениях. Оборудование, используемое для измерения и регулировки углов установки колес, должно регулярно подвергаться нивелировке.

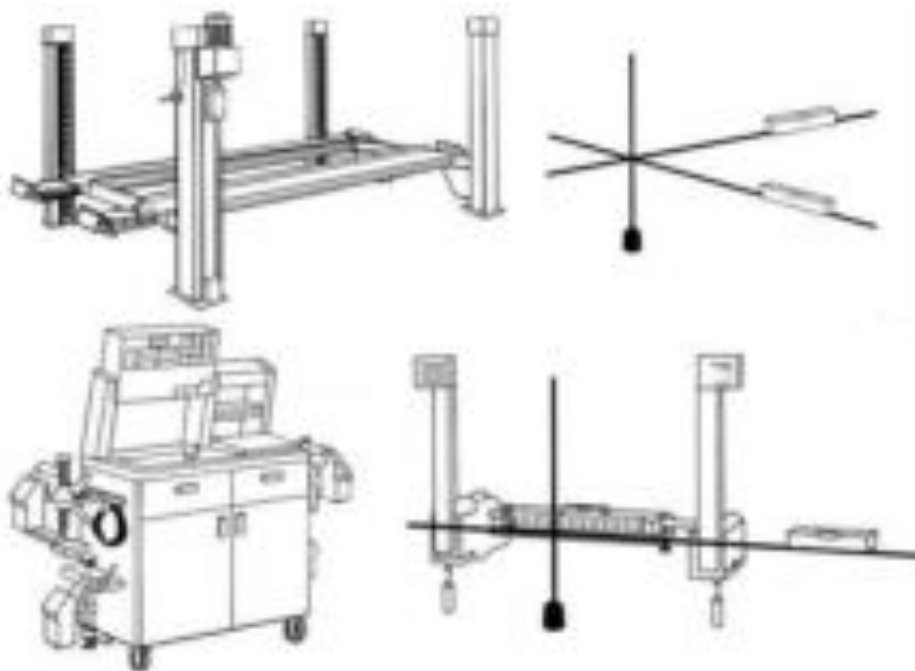


Рисунок 1.76 – Проверка точности установки измерительного оборудования.

Установка измерительного головок на колеса автомобиля, или приборов, считывающих визуальную информацию с мишеней, установленных на колесных дисках, при производстве измерения должна быть так же весьма точной, так как измерительные головки, имеют собственную систему нивелирования. Это значит, что отклонение в установке автомобиля, как и отклонение в установке измерительного оборудования, может вызвать значительную погрешность в измерениях.

1.9.3 Рекомендации предприятия-изготовителя автомобиля

Работы, связанные с измерением и регулировкой углов установки колес автомобиля, необходимо начинать с подготовки автомобиля к измерениям. Прежде всего, необходимо обратиться к соответствующему разделу Руководства по ремонту данного автомобиля. В России сложилась такая ситуация, что среди автомобилей, находящихся в эксплуатации, разных марок и моделей не менее 1,5 тысяч, информацию о порядке подготовки автомобиля к измерениям и параметры регулировки каждой модели хранить в обычном виде, то есть на бумажных носителях информации, попросту нереально. Современные диагностические комплексы, созданные на базе персональных компьютеров, обладают обновляемой через Интернет базой данных об условиях измерений и величине углов установки колес. Поэтому поиск информации не составляет труда, главное, выполнить все рекомендации, изложенные в Руководстве по ремонту автомобиля.

Что же может произойти, если пренебречь этими рекомендациями? Рассмотрим пример необходимости загрузки автомобиля перед проверкой геометрии подвески.

Плоскость вращения передних колеса при наезде на препятствие отклоняется от своего первоначального положения. Если автомобиль поднимать на домкрате или подъемнике, нетрудно заметить, что в процессе разгрузки упру-

гих элементов подвески колеса автомобиля будут скользить по опорной поверхности, автомобиль как бы подбирает под себя колеса. Это говорит о том, что в процессе вертикального перемещения изменяется угол наклона плоскости вращения колеса (развал). Аналогично ведут себя и колеса задней независимой подвески, следовательно, точность установки колес будет зависеть от положения кузова автомобиля относительно опорной поверхности.

В Руководствах по ремонту автомобилей все ещё можно встретить довольно странные рекомендации по загрузке автомобиля перед измерениями. Описано, сколько, и в какое место необходимо положить балласта. Давайте проанализируем правомерность таких рекомендаций. В процессе эксплуатации упругие элементы подвески теряют свои первоначальные свойства, кроме того, в продаже имеются и пружины, и амортизаторы разной жесткости. Например, амортизаторы российского изготовителя, именуемые «Плаза» и «Плаза Спорт» имеют различное давление газового подпора, поэтому автомобиль с жесткой и мягкой подвеской при одинаковой нагрузке «просядет» на разное расстояние, а это значит, что при одинаковой нагрузке автомобилей близнецов, оснащенных пружинами и амортизаторами разной жесткости, углы установки колес окажутся разными. Если попробовать изменить эти углы, следуя рекомендациям по загрузке автомобиля, получим совершенно разное поведение автомобиля, обусловленное различными значениями углов установки колес.

Конструкторы подвесок рекомендуют при измерении и регулировке углов установки колес устанавливать автомобиль на опорной площадке в базовое положение, опираясь на расчетное значение расстояния от опорной поверхности до нижнего края поддомкратника, или от центра вращения колеса до края колесной арки крыла. Встречаются рекомендации по измерению расстояния от края колесной арки крыла до закраины обода. Эти рекомендации, конечно же, значительно точнее определяют базовую установку автомобиля перед измерениями. Положить груз необходимо, но прекратить загрузку следует не после укладки всего рекомендованного груза, а после той его части,

которая приведет кузов по отношению к колесам в базовое положение, а расстояние между контрольными точками станет равным расчетным значениям.

Давайте разберем конкретный пример, описанный в Руководстве по ремонту автомобиля Citroen Xsara. Рекомендации в Руководстве по Ремонту автомобиля Citroen приведены очень показательно. А после загрузки рекомендуется ещё и покачать автомобиль, несколько раз надавив сверху на каждое крыло, чтобы подвеска «просела». Кстати, и рекомендованные размеры углов установки колес отечественных автомобилей имеют довольно странный по величине допуск, руководствуясь которым можно получить как положительное, так и отрицательное значение развала или схождения.

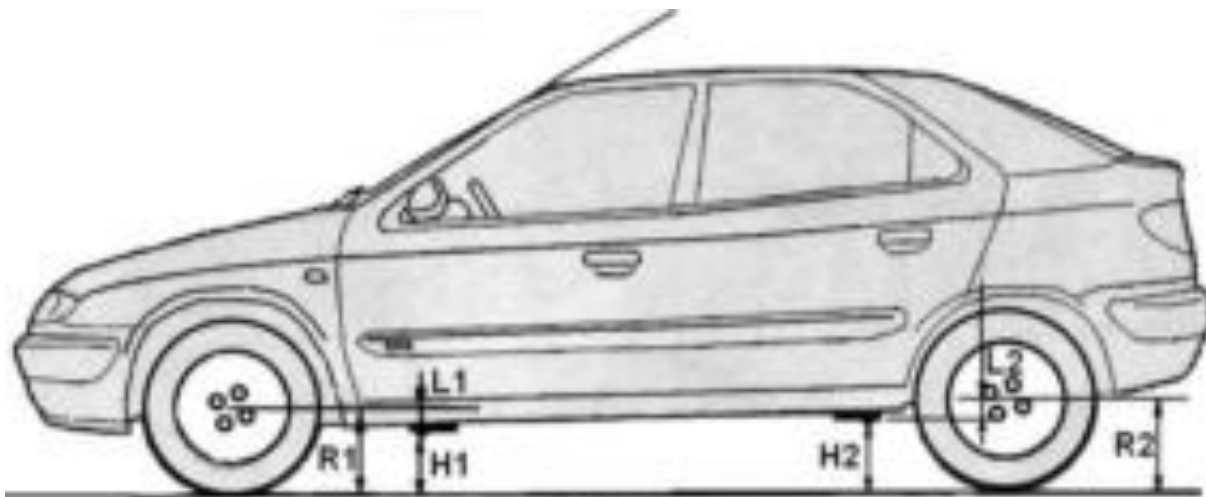


Рисунок 1.77 – Определение правильного положения автомобиля на измерительном стенде.

Что же нам порекомендует фирма Citroen (см. рисунок 1.77)? Для расчета нам потребуются некоторые данные, полученные прямыми измерениями.

R1 и R2 – радиус переднего и заднего колес, полученный прямыми за-
мерами.

L1 и L2 – величины, рекомендуемые заводом изготовителем. Например, для пятидверного кузова рекомендованы следующие величины: $L_1 = 92,5$ мм, $L_2 = 57$ мм.

H1 и H2 – расчетные величины расстояний от опорной поверхности до переднего и заднего поддомкратника соответственно.

$H1=R1-L1$, для приведенного примера $H1 = R1 - 92,5$ мм;

$H2=R2-L2$, для приведенного примера $H1 = R1 - 57$ мм;

Измерив радиусы колес, вернее расстояние от оси вращения колеса до поверхности измерительной площадки, можно рассчитать значения величин $H1$ и $H2$. А теперь необходимо нагрузить автомобиль так, чтобы истинное значение параметра $H1$ и $H2$ было по возможности близким к его расчетному значению.

1.9.4 Положение транспортного средства при измерениях

Мы подробно останавливались на необходимости строгого соблюдения рекомендаций завода изготовителя, теперь попробуем осознанно разобраться, почему эти рекомендации столь важны, и можно ли гарантировать точность установки геометрии колес, если этими рекомендациями пренебречь?

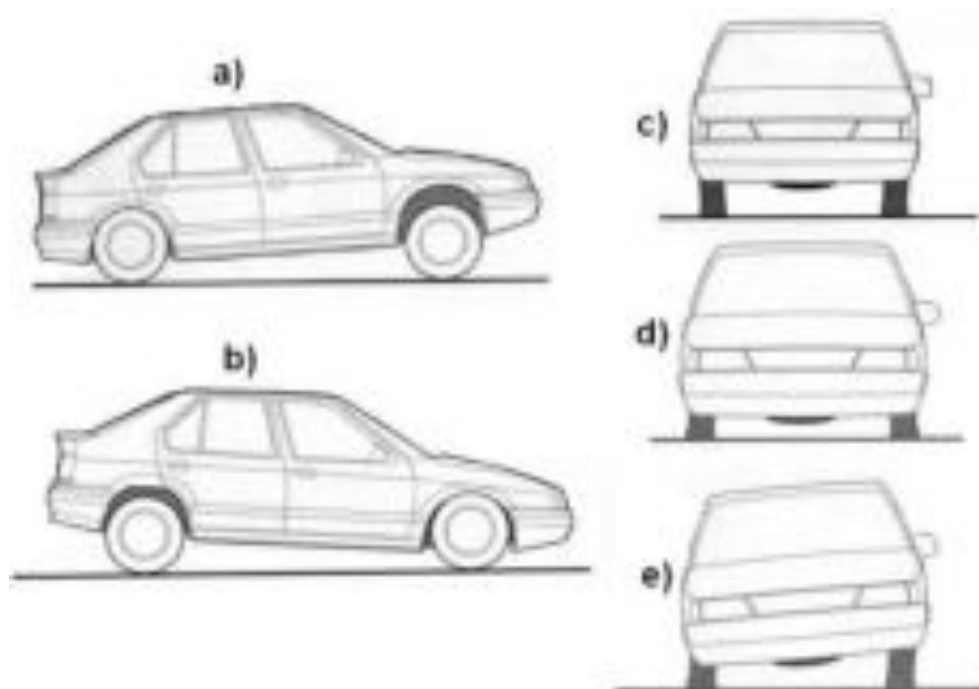


Рисунок 1.78 – Возможные ошибки в установке автомобиля на стенде перед проведением измерений.

Транспортное средство наклонено назад (см. рисунок 1.78a).

Это может произойти из-за неравномерной загрузки транспортного средства или из-за потери жесткости задними упругими элементами. Обратите внимание на положение передних колес относительно кузова автомобиля.

Наверняка изменились углы наклона плоскости вращения колес и их схождение.

Транспортное средство наклонено вперед (см. рисунок 1.78b).

Это может произойти из-за потери жесткости передними упругими элементами, или установки на задней оси усиленных пружин. Наверняка вы видели автомобили с задранной кверху задней частью. Дань моде сведёт на нет все усилия конструкторов по обеспечению надлежащей устойчивости и управляемости автомобиля. Можно ли правильно установить углы колес, если не придать автомобилю горизонтальное положение перед измерением углов установки колес и их регулировки?

Автомобиль расположен слишком высоко (см. рисунок 1.78c).

Недавно клиент установил новые упругие элементы. Что же это хорошо, но перед проверкой геометрии необходимо загрузить автомобиль так, чтобы колеса заняли «нормальную позицию».

Автомобиль расположен слишком низко (см. рисунок 1.78d).

С таким автомобилем работать невозможно. Углы наклона плоскости вращения колес завалены внутрь из-за серьезной потери жесткости упругими элементами или чрезмерной загруженностью автомобиля. Попытайтесь убедить клиента в необходимости замены упругих элементов, иначе углы установки колес придется делать «на домкратах».

Автомобиль наклонен на бок (см. рисунок 1.78e).

Такой дефект подвески необходимо немедленно устранять. Углы установки колес, даже если их произвести «на домкратах» не предотвратят ускоренного износа шин. Кроме того, автомобиль при крене кузова постоянно будет уводить в сторону при прямом положении руля.

1.9.5 Влияние неисправностей рулевого управления на геометрию подвески

Бесполезно заниматься регулировкой углов установки колес на автомобиле с порядком изношенными элементами рулевого управления и узлов, обеспечивающих поворот управляемых колес. Изношенные шарнирные соединения рулевого привода необходимо заменить, так как никакой ремонт рулевых шарниров производить не допускается. Только устранив неполадки в рулевом приводе можно приступить в установке углов колес.

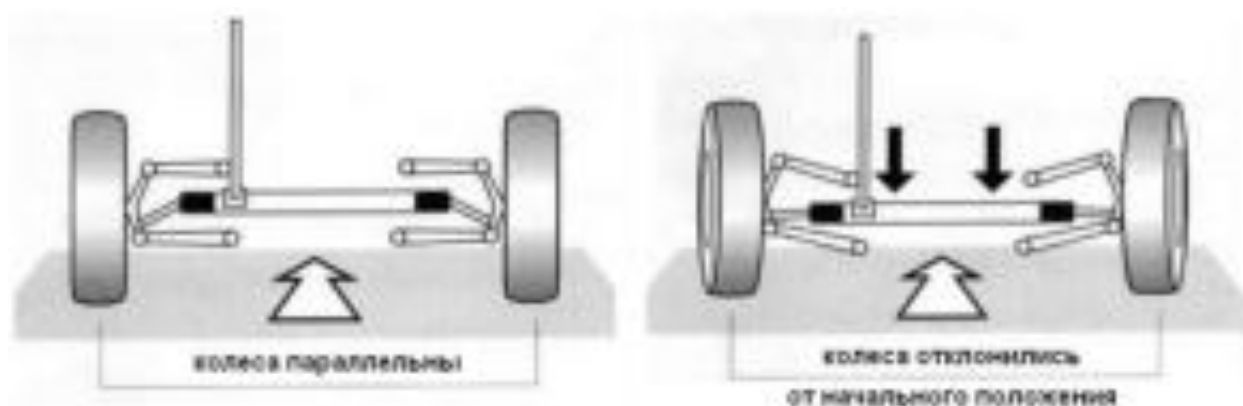


Рисунок 1.79 – Влияние степени загрузки автомобиля на схождение управляемых колес.

Реечный рулевой механизм (см. рисунок 1.79) крепится к кузову или раме автомобиля жестко, то есть при повороте управляемых колес рулевой механизм не должен перемещаться. Управляемые колеса связаны с кузовом или рамой автомобиля через упругие элементы. При изменении загрузки автомобиля, то есть при изменении положения его кузова относительно опорной поверхности, происходит отклонение положения управляемых колес от их начального положения. Длина тяг рулевой трапеции неизменна, поэтому при увеличении загрузки плоскости вращения управляемые колеса изменят свое положение.

Если рулевой привод расположен перед управляемыми колесами, при увеличении нагрузки колеса повернутся левое - влево, правое – вправо. Рас-

стояние между передними точками управляемых колес увеличится, а расстояние между задними точками управляемых колес уменьшится. А разница этих двух расстояний и есть то самое «схождение», но выраженное в миллиметрах

Мы опять возвращаемся к необходимости неукоснительного соблюдения рекомендаций завода-изготовителя по предварительной загрузке автомобиля, то есть придания ему стандартного положения.

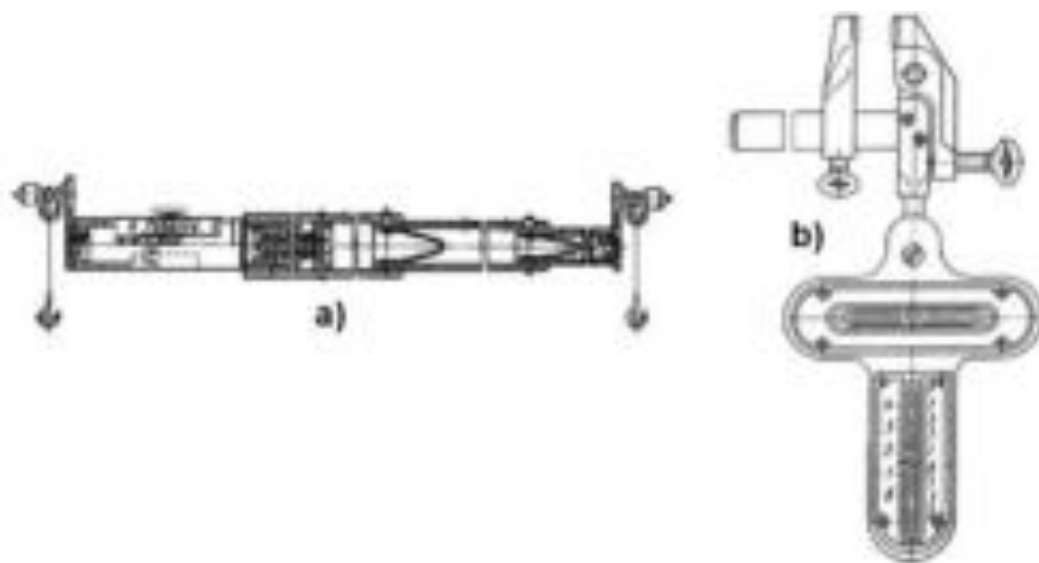
1.10 Оборудование для сервисного обслуживания ходовой части автомобилей

Для производства измерений углов установки колес применяется самое разнообразное оборудование: от простейшего (отвес и телескопическая линейка), до сложнейших компьютерных стендов с четырьмя измерительными головками, каждая из которых имеет по два сенсора, связанных инфракрасным лучом или радиосигналом. Самые современные стенды производят проверку геометрии ходовой с помощью специальных мишеней, установленных на колеса, и инфракрасных стационарных излучателей, установленных на измерительном стенде. Это так называемая «3D технология» измерений. Но в основе измерений заложен один и тот же принцип, определения положения колеса относительно продольной плоскости автомобиля, разница лишь в точности и скорости измерений.

В этой главе мы рассмотрим только некоторые из большого изобилия выпускаемых стендов. Автор не намерен рекламировать или сравнивать достоинства и недостатки тех или других - это удел дилеров и рекламных агентств. Нам же необходимо всего лишь познакомиться с принципом проведения измерений.

В самом начале истории автомобилизма геометрию ходовой проверяли и с помощью отвесов и уровней, которыми обычно пользовались строители. Автомобили были неприхотливыми, скорость движения относительно невысокой, да и точность измерений невзыскательной.

Строители внедрили более совершенные приборы для измерения расстояний и углов, так называемые нивелиры и теодолиты. Ну а что же автомобилисты? Тоже не отставали (см. рисунок 1.80).



a – телескопическая линейка; b - уровень.

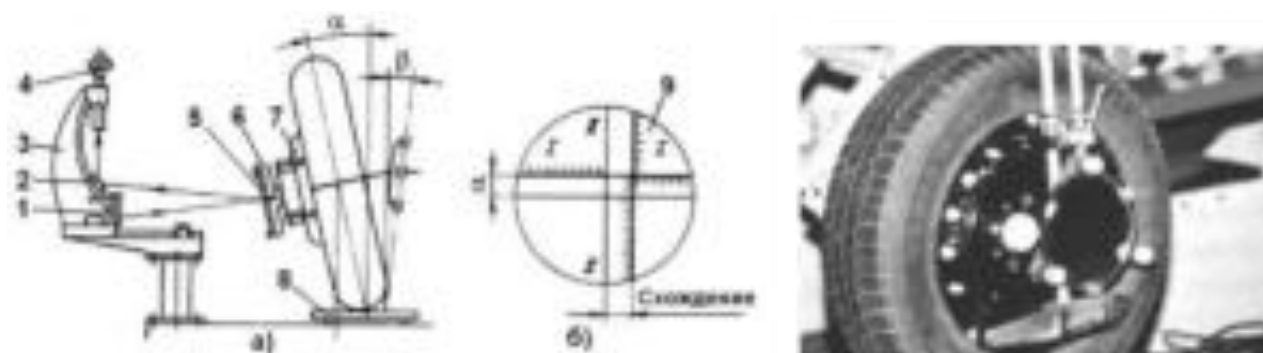
Рисунок 1.80 – Простейшие приборы, которыми пользовались при измерении и регулировке углов установки колес.

Вначале придумали телескопическую линейку, с помощью которой можно было с довольно высокой точностью измерить расстояние между колесами спереди и позади оси, а разница между этими расстояниями является схождением колес. В технической литературе описывающей технологию ремонта и технического обслуживания автомобилей, выпускаемых в 60...70-х годах XX века, вы можете встретить размер схождения, выраженный в миллиметрах. Отвес, с помощью которого измерялся угол наклона колеса, поменяли на усовершенствованный уровень, прикрепляемый для измерения к колесу автомобиля.

Измерения давали вполне удовлетворительные по тем временам результаты. Но на смену линейке и уровню пришло более точное оптическое оборудование.

К колесу с помощью специального регулируемого держателя 6, оснащенного регулировочными приспособлениями 7 (см. рисунок 1.81) прикреп-

ляли зеркальце 5. Напротив колеса устанавливали станок 3, испускающий тонкий луч света. Луч отражался от зеркальца 5, закрепленного на колесе, и, отраженный направляющим зеркалом 2 попадал в оптический визир 4. Установив рулевое колесо в положение «прямо», можно было определить по шкале 9, отображенной в визире, схождение и развал. Прибор давал довольно высокую точность измерений, но при установке зеркальца на колесе требовалась определенная сноровка. Очень важно было установить зеркальце строго параллельно плоскости вращения колеса, лишь тогда можно было рассчитывать на приемлемые результаты измерений.



1 – излучатель; 2 – направляющее зеркало; 3 – станина; 4 – визир; 5 – отражатель на колесе; 6 – держатель; 7 – регулировочные приспособления (винты); 8 – поворотный стол управляемого колеса; 9 – шкалы визира.

Рисунок 1.81 – Оптические приборы измерений углов установки колес.

Правильной установки зеркальца добивались следующим способом. Перед станком устанавливался экран с малым отверстием для прохождения луча. Автомобиль приподнимали на высоту, достаточную для свободного вращения колеса. При его вращении отраженный луч описывал окружность на экране. Регулируя положение зеркальца винтами 7, установленными на держателе 6, добивались наименьшей величины диаметра описываемой окружности. Затем автомобиль опускали на землю и проверялись углы установки колес.

Вместо оптического визира в некоторых моделях стендов использовались мишень, имеющая вертикальную и горизонтальную шкалу. Мишень закреплялась на стене или специальном щите, помещенном перед автомобилем. Отраженный от зеркальца луч отмечал на этой мишени угол развала и угол

схождения колеса.

Внедрение электроники позволило значительно упростить не только процедуру подготовки к измерениям, но и сделали эти измерения быстрыми и точными. Вначале появились стенды с механической связью между измерительными устройствами - сенсорами (от латинского «sensus» – восприятие, чувство, ощущение). В автомобильной электрике и электронике сенсорами называют чувствительные датчики (см. рисунок 1.82).

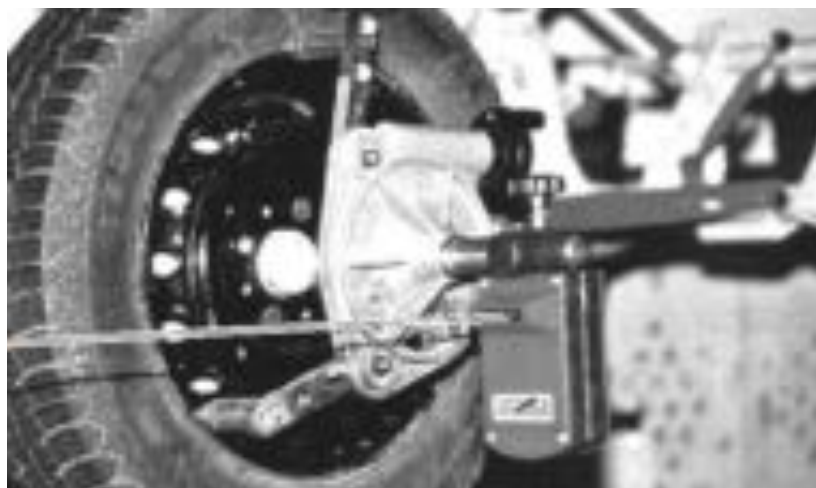


Рисунок 1.82 – Стенд с механической связью между измерительными головками.

Для измерения углов установки колес применяют шесть или восемь (сенсоров) датчиков, установленных на четырех измерительных головках. Эластичные шнуры, соединяющие сенсоры, отклоняют поводки чувствительных измерительных устройств от нулевого положения. Электроника вычисляет величину этого отклонения и отображает поступающие на процессор электрические сигналы в удобную для восприятия форму, которая воспроизводится на печатающем устройстве (принтере) или отображается на мониторе.

Если стенд комплектуется компьютером, то с помощью функции «Помощь» можно получить всю необходимую для контроля и регулировок информацию. Можно узнать не только числовое значение углов установки колес, но и о способах проведения измерений и возможных методах регулировки. По вашему желанию можно получить на мониторе фотографический снимок, на

котором будут изображены узлы, позволяющие производить возможные регулировки.

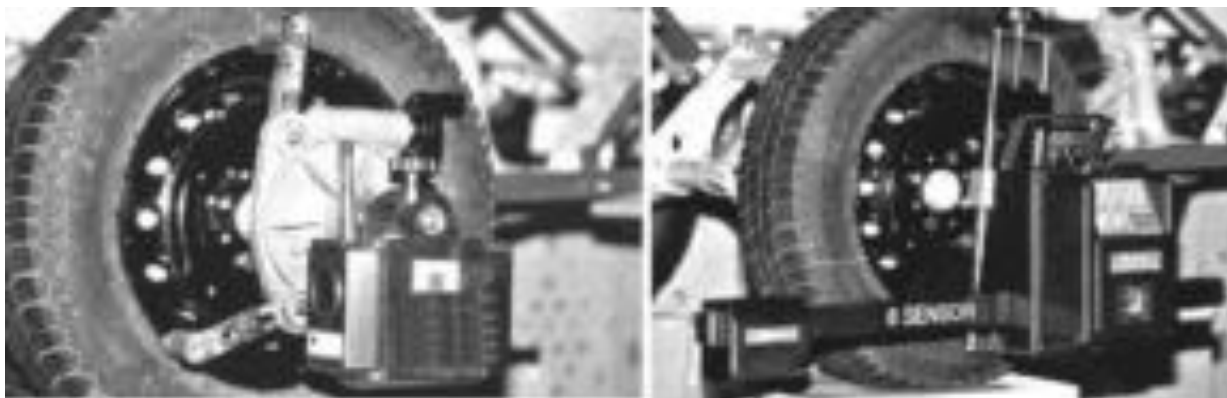


Рисунок 1.83 – Стенды с оптической инфракрасной или лазерной связью между измерительными головками.

Более поздние версии стендов снабжались измерительными головками с инфракрасной или лазерной связью между сенсорами, и радиосвязью с вычислительным комплексом (см. рисунок 1.83). Недостатком всех перечисленных выше комплексов является довольно высокая хрупкость измерительных головок, требующая очень аккуратного обращения с ними. Случайное падение или достаточно сильный удар по измерительной головке ведёт к дорогостоящему ремонту. Кроме того, несмотря на внедрение компьютерной техники, приходится производить довольно сложную подготовку автомобиля к измерениям, что значительно усложняет процесс измерений и увеличивает трудоемкость работ.

Эти недостатки почти полностью были устранены после изобретения стенда (см. рисунок 1.84), основанного на построении компьютерной трехмерной пространственной модели, которая получила название «технология 3D». На колеса автомобиля крепятся плоские мишени, а сам автомобиль можно установить на любую достаточно ровную поверхность. Излучатели сигналов и приемники отраженной от мишени информации установлены стационарно на стойках вычислительного комплекса. Измерительные головки в виде плоских и легких мишеней не боятся ударов и не требуют особой аккуратности в установке и обращении. Примечательным является и то, что при производстве

измерений по этой новой технологии не требуется сложная подготовка автомобиля к измерениям. Достаточно, руководствуясь командами, выводимыми на монитор, прокатить взад-вперед автомобиль и компьютер автоматически учтет погрешность установки мишеней.



Рисунок 1.84 – Измерение с помощью построения трехмерных математических моделей (3D – технология).

И последнее...

При измерениях геометрии колес необходимо проконтролировать ещё один параметр: максимальный угол отклонения управляемых колес при повороте руля вправо и влево.

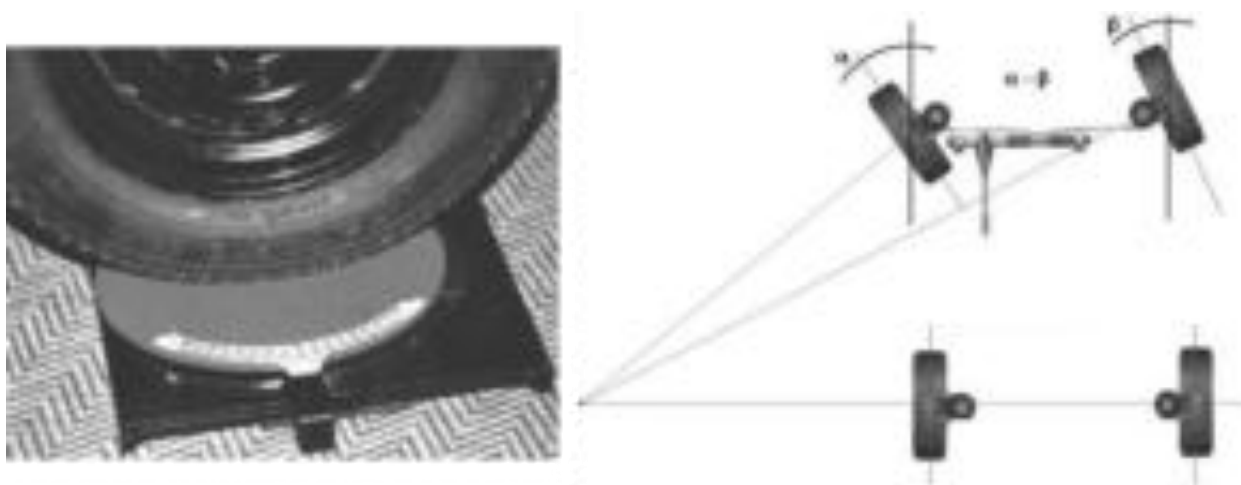


Рисунок 1.85 – Регулировка углов поворота управляемых колес.

Рассмотрим схему поворота автомобиля. Вы видите, что поворот автомобиля происходит вокруг центра поворота, находящегося на продолжении линии, проходящей через заднюю ось. Внутреннее колесо поворачивается на угол (α), а наружное на угол (β). Нетрудно заметить, что угол $\alpha > \beta$. Это значит, что внутреннее колесо должно поворачиваться на угол больший угла поворота наружного колеса.

Опорные круги, находящиеся под каждым из управляемых колес, снабжены шкалой или чувствительными сенсорами. Поворачивая руль до упора вправо и влево, сравнивают величины этих углов. Величины максимальных значений углов поворота управляемых колес должны быть одинаковыми для левого и правого колеса. Регулировкой длины рулевых тяг необходимо добиться равенства этих значений. Кстати, эту операцию надо провести в первую очередь, иначе потребуются повторное регулирование схождения колес. Если не установить равенство максимальных величин углов поворота правого и левого колес, при движении автомобиля в повороте будет происходить интенсивный износ шин, а движение в повороте будет сопровождаться «визгом резины».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конструкция подвески еще окончательно не определилась в виде оптимального узла для всех типов и классов автомобилей. По-прежнему идет нешуточная борьба конструкторских умов за лучшие технические параметры: отбрасываются решения, которые еще вчера казались гениальными, подхватывается самое лучшее, чего добились конкуренты.

Благодаря легкости и простоте конструкции подвеска типа McPherson в ближайшие годы, по-видимому, останется основным элементом конструкции передних подвесок переднеприводных автомобилей. В то же время наблюдается рост применения передних подвесок на сдвоенных поперечных рычагах.

Большое разнообразие применяемых типов и конструкций наблюдается в подвесках задних колес. Широкое распространение получили подвески на двух взаимосвязанных продольных рычагах, которыми оснащаются автомобили малого и среднего классов.

В автомобилях среднего класса наблюдается рост применения задних многорычажных подвесок на подрамнике.

В ходовой части автомобилей среднего и большого классов растет применение легких алюминиевых сплавов и сталей повышенной прочности (рычаги, подрамники, диски колес).

В автомобилях большого и высшего классов все чаще используются регулируемые гидравлические и пневматические подвески, несмотря на их большую стоимость и увеличение расхода топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин С.И. Анализ диагностических информаторов / С.И. Головин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. 2003-2004 гг.. – Орел, 2005. С. 59-62.
2. Головин С.И. Анализ эксплуатации тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 119-126.
3. Головин С.И. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники / С.И. Головин, Е.А. Ерохин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 78-83.
4. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007
5. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007.
6. Головин С.И. Надежность и безотказность тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 126-134.
7. Головин С.И. Особенности государственного технического осмотра / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 47-51.
8. Головин С.И. Оценка состояния двигателя по показателям моторного

масла / С.И. Головин, А.А. Жосан // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2007. № 4. С. 52-53.

9. Головин С.И. Повышение качества моторных масел как способ достижения заявленного ресурса дизелей / С.И. Головин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. № 2 (15). – Орел, 2017. – С. 44-49.

10. Головин С.И. Проблема реализации ресурса двигателей / С.И. Головин, Е.В. Рябцев // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 139-142.

11. Головин С.И. Прогнозирование остаточного ресурса дизелей / С.И. Головин, Н.М. Деревягин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 111-114.

12. Головин С.И. Реализации назначенного ресурса дизеля / С.И. Головин // В сборнике: Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов к Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Орел, 2012. С. 87-91.

13. Головин С.И. Структура и состав МТП в отечественном сельском хозяйстве / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Р. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва, 2008. № 6. С. 3.

14. Головин С.И. Тенденции развития тракторостроения / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 134-138.

15. Головин С.И. Техническое состояние АМТС как один из критериев, влияющих на безопасность дорожного движения / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2009. № 4 (27). С. 54-58.

16. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 1 Подвижной состав автомобильного транспорта / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 34 с.

17. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 2 Автомобильные колеса и шины / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 85 с.
18. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 4 Тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 108 с.
19. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 5 Пневматические тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 133 с.
20. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 6 Рулевое управление / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 78 с.
21. Головин С.И. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и эксплуатационные свойства автомобилей» / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин. – Орёл, 2017. – 123 с.
22. Жосан А.А. Анализ эксплуатации зарубежной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. Москва, 2009. № 4. С. 52-53.
23. Жосан А.А. Архитектурная топология системы самодиагностики / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – Курск, 2011. Т. 3. № 3. С. 72-73.
24. Жосан А.А. К вопросу о причинах изменения геометрии шатунов / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, Е.В. Яковлева // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015) сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). – Курск, 2015. С. 52-64.
25. Жосан А.А. К вопросу об улучшении эксплуатационных свойств моторных масел / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, Д.С. Ершов // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2016. № 2 (11). С. 81-86.
26. Жосан А.А. К вопросу развития средств диагностирования / А.А. Жосан, С.Н. Куликов, М.М. Ревякин // Труды ГОСНИТИ. – Москва, 2009. Т. 103. № 1. С. 47-48.

27. Жосан А.А. К вопросу управления техническим состоянием дизеля / А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Механизация интенсивных технологий в АПК. – Орел, 2006. С. 134-137.
28. Жосан А.А. Методология определения продуктов износа в моторных маслах / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, А.А. Титов // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2016. № 2 (11). С. 87-92.
29. Жосан А.А. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2017. – 156 с.
30. Жосан А.А. Обеспечение ресурса двигателей тракторов агропромышленного комплекса путем контроля условий эксплуатации по химмотологическому параметру моторного масла / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2013. – 189 с.
31. Жосан А.А. Оценка способов формирования систем самодиагностики распределенного типа / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Энергосберегающие технологии и техника в сфере АПК Сборник материалов к Межрегиональной выставке-конференции. – Орел, 2011. С. 209-211.
32. Жосан А.А. Перспективы импорта сельскохозяйственной техники / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 35-38.
33. Жосан А.А. Пути улучшения технических, экономических и экологических показателей дизельных двигателей / А.А. Жосан, С.И. Головин, О.А. Кореньков // В сборнике: Ресурсосбережение - XXI век. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Орел, 2005. С. 46-48.
34. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.

35. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.
36. Жосан А.А. Современные системы самодиагностики мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф. – Москва, 2011. С. 81-86.
37. Жосан А.А. Топология построения систем самодиагностики: вариативность и оптимальность / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – Орел, 2011. Т. 29. № 2. С. 109-111.
38. Жосан А.А. Увеличение ресурса дизелей / А.А. Жосан, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2006. № 12. С. 35.
39. Жосан А.А. Улучшение эксплуатационных свойств моторных масел применением ультразвука / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) сборник статей VIII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). – Курск, 2016. С. 95-99.
40. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по дисциплине «Силовые агрегаты» и задания для контрольной работы для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» заочной формы обучения / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 77 с.
41. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 129 с.

42. Жосан А.А. Эффективность эксплуатации зарубежной сельскохозяйственной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Обеспечение устойчивого развития АПК в условиях глобального экономического кризиса. / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Орловский государственный аграрный университет. – Орел, 2009. С. 108-112.
43. Карелина М.Ю. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебное пособие / М.Ю. Карелина, М.М. Ревякин, А.А. Жосан, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, Е.В. Яковлева. – Орел, 2016. – 328 с.
44. Карелина М.Ю. Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие / М.Ю. Карелина, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Н. Ерофеев. – М. Инфра-М, 2017. – 160 с.
45. Куликов С.А. Повышение эксплуатационных характеристик надежности МТА при помощи систем телематического контроля / С.А. Куликов, М.М. Ревякин // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2008. С. 90-93.
46. Курочкин А.А. Подогрев рапсового масла как способ повышения эффективности использования его в качестве топлива / А.А. Курочкин, А.А. Жосан, Ю.Н. Рыжов, С.И. Головин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – Орел, 2013. Т. 40. № 1. С. 209-212.
47. Михайлов М.Р. Оптимизация использования зерноуборочных комбайнов по параметрам надежности / М.Р. Михайлов, С.И. Головин, А.А. Жосан // Монография – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 144 с.
48. Пучин Е.А. Тенденции развития тракторостроения / Е.А. Пучин, А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК. / Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2008. С. 61-64.

49. Ревякин М.М. Вариативность надежности мобильных энергетических средств предприятий АПК / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, А.В. Шуруев // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2014. № 1 (1). С. 137-140.
50. Ревякин М.М. Инновационные технологии в технической эксплуатации мобильных энергетических средств / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Известия Международной академии аграрного образования. – Санкт-Петербург, 2008. № 7. С. 35.
51. Ревякин М.М. Информационные технологии в технической эксплуатации мобильных энергосредств / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2010. № 1. С. 53-55.
52. Ревякин М.М. Основы логистики. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 149 с.
53. Ревякин М.М. Повышение надежности грузовых автомобилей путем применения системы эксплуатационной самодиагностики: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / М.М. Ревякин. – Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс. Орел, 2012.
54. Ревякин М.М. Применение системы эксплуатационной самодиагностики для обеспечения реализации заявленного ресурса дизелей / М.М. Ревякин // Технология колесных и гусеничных машин. – Москва, 2014. № 3. С. 35-43.
55. Ревякин М.М. Система технического обслуживания как средство обеспечения необходимого уровня надежности транспортных средств / М.М. Ревякин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2011. № 3. С. 35-38.
56. Ревякин М.М. Современный подход и реалии диагностирования / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2008. Т. 2008. С. 193.
57. Ревякин М.М. Теория транспортных процессов и систем. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению

23.03.03 -Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 127 с.

58. Ревякин М.М. Транспортная логистика. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 155 с.

59. Рыжов Ю.Н. Подогрев как способ повышения эффективности использования рапсового масла в качестве топлива / Ю.Н. Рыжов, А.А. Жосан, С.И. Головин, А.А. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2013. № 6. С. 5-7.

60. Рыжов Ю.Н. Подогреватель топлива / Ю.Н. Рыжов, А.А. Жосан, С.И. Головин, А.А. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2013. № 9. С. 6-7.

61. Увеличение ресурса двигателя и ресурсосбережение / А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей международного научно-практического семинара. – Орел, 2006. С. 17-19.

62. Фомичёв Е.В. Диагностирование как способ получения информации о техническом состоянии сельскохозяйственных машин и повышения их надежности / Е.В. Фомичёв, М.М. Ревякин // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2014. № 1 (1). С. 356-361.