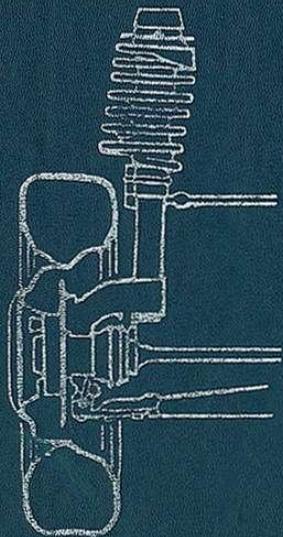


J. Reimpell **Fahrwerktechnik:
Radaufhängungen**

Й. Раймпель

**ШАССИ
АВТОМОБИЛЯ**
КОНСТРУКЦИИ
ПОДВЕСОК



Предисловие.....	8
Перечень названий иностранных фирм и марок автомобилей.....	9
Условные обозначения.....	11
1. Подвеска и автомобиль.....	15
1.1. Требования к подвеске.....	15
1.2. Нагружение кузова и рамы.....	17
1.3. Силовые узлы подвески.....	19
1.3.1. Поперечина подвески.....	19
1.3.2. Амортизатор с пружиной.....	20
1.3.3. Пружинная стойка.....	20
1.4. Применяемость различных конструкций подвески.....	24
1.5. Преимущества и недостатки различных типов подвесок.....	28
1.6. Реакции на изменение подачи топлива.....	33
1.6.1. Определение терминов.....	33
1.6.2. Влияние подвески на косых рычагах.....	34
1.7. Неисправности шасси и возможные их последствия.....	36
1.8. Изменения шасси и разрешение на эксплуатацию.....	39
2. Элементы подвески.....	47
2.1. Упругие элементы и стабилизаторы.....	47
2.1.1. Детали системы подрессоривания.....	47
2.1.2. Продольные рессоры.....	49
2.1.3. Поперечные рессоры.....	52
2.1.4. Пружины.....	52
2.1.5. Торсионы.....	56
2.1.6. Пневматическая подвеска.....	56
2.1.7. Стабилизаторы.....	57
2.2. Штанги и рычаги.....	58
2.2.1. Штанги.....	58
2.2.2. Поперечные рычаги.....	63
2.2.3. Продольные и косые рычаги.....	67
2.3. Шарниры и шарнирные опоры.....	70
2.3.1. Подшипники шкворня.....	70
2.3.2. Колесные шарниры.....	74
2.3.3. Опоры рычагов, жесткие в боковом и продольном направлениях.....	80
2.3.4. Восприятие жесткого качения радиальных шин.....	87
2.3.5. Опоры рычагов, податливые в боковом или продольном на правлениях.....	89
2.4. Карданные валы и шарниры.....	95
2.4.1. Карданные валы легковых и грузовых автомобилей.....	95
2.4.2. Специальные конструкции карданного вала.....	103
2.4.3. Шарниры валов.....	105
2.4.4. Задние полуоси.....	111
2.4.5. Передние полуоси.....	114
2.4.6. Материалы.....	119

2.5. Подшипники колес	120
2.5.1. Подшипники ведомых колес	120
2.5.2. Подшипники ведущих колес при независимой подвеске	126
2.5.3. Подшипники ведущих колес при зависимой подвеске	139
2.5.4. Уплотнение подшипников	143
3. Зависимая подвеска	150
3.1. Зависимая подвеска на продольных рессорах	150
3.2. Подвеска легковых автомобилей на продольных и поперечных рычагах	153
3.3. Подвеска грузовых автомобилей и автобусов на продольных и поперечных рычагах	166
3.4. Подвеска с дышлом	171
3.5. Подвеска легкового автомобиля с продольными рычагами, нагруженными на изгиб	180
3.6. Подвеска «Де-дион»	186
4. Подвеска со связанными рычагами	189
4.1. Преимущества и недостатки	189
4.2. Задняя подвеска автомобилей «Фольксваген»	189
4.3. Эластические свойства	193
4.4. Кинематические свойства	195
4.5. Задняя подвеска автомобилей «Опель»	202
5. Подвеска на двойных поперечных рычагах	204
5.1. Кинематические преимущества	204
5.2. Передняя подвеска	208
5.2.1. Пружинная подвеска	208
5.2.2. Торсионная подвеска	217
5.2.3. Подвеска с поперечной рессорой	220
5.2.4. Гидропневматическая подвеска	224
5.3. Задняя подвеска ведущих колес	226
5.3.1. Использование полуосей в качестве верхних рычагов	227
5.3.2. Подвеска «Вайсзах»	228
5.3.3. Четырехшарнирная подвеска на трапециевидных рычагах	228
5.3.4. Подвеска на пространственных рычагах	232
5.3.5. Подвеска автомобиля «Корвет» с пластмассовой однолистовой рессорой	239
6. Подвеска на направляющих пружинных и амортизаторных стойках	240
6.1. Преимущества и недостатки пружинных стоек	240
6.2. Кинематические свойства	243
6.3. Силы и трение	248
6.4. Газонаполненные однотрубные пружинные и амортизаторные стойки	251
6.5. Раздельная конструкция опоры подшипника колеса и демпфирующей части	253
6.6. Верхняя опора передних подвесок	256
6.6.1. Верхняя связанная опора для пружинных стоек	257
6.6.2. Верхняя раздельная опора для пружинных стоек	259
6.6.3. Верхняя опора для амортизаторных стоек	262
6.7. Передняя подвеска на пружинных стойках	263
6.7.1. Пружинная подвеска ведомых колес	263
6.7.2. Пружинная подвеска ведущих колес	269
6.7.3. Гидропневматическая подвеска ведущих колес	269
6.7.4. Подвеска ведущих колес с двухступенчатым подрессориванием	272
6.7.5. Пневматическая подвеска ведущих колес	273
6.8. Передняя подвеска на амортизаторных стойках	275
6.8.1. Преимущества и недостатки	275
6.8.2. Пружинная подвеска	275
6.8.3. Торсионная подвеска	277

6.9. Задние подвески на направляющих пружинных и амортизаторных стойках	279
6.9.1. Конструктивные особенности	279
6.9.2. Подвеска ведомых колес.....	284
6.9.3. Подвеска ведущих колес.....	287
7. Подвеска на продольных рычагах.....	288
7.1. Конструктивные особенности	288
7.2. Задняя пружинная подвеска	289
7.3. Передняя пружинная подвеска.....	294
7.4. Задняя торсионная подвеска.....	295
7.5. Задняя гидропневматическая подвеска	301
8. Подвеска на косых рычагах	304
8.1. Упрощенный вариант	304
8.2. Кинематические взаимосвязи	306
8.3. Угол стреловидности и ската.....	313
8.4. Задняя подвеска ведущих колес	313
8.4.1. Пружинная подвеска.....	313
8.4.2. Торсионная подвеска	316
8.4.3. Подвеска с винтовыми рычагами	317
9. Другие конструкции независимой подвески	321
9.1. Двухшарнирная подвеска с качающимися полуосями	321
9.2. Одношарнирная подвеска с качающимися полуосями.....	324
9.3. Подвеска на двойных продольных рычагах	325
9.4. Подвеска на продольных и поперечных рычагах.....	325
Список литературы	327
Список дополнительной литературы	328

ПРЕДИСЛОВИЕ

Подробное описание функций и технических особенностей, а также доступность текста призваны помочь всем, кто занимается подвеской автомобиля, ее кинематикой и динамикой движения; конструкторам, инженерам-исследователям, экспертам, работникам автосервиса, спортсменам, а также студентам, изучающим специальность «Автомобильная техника».

В конце 60-х годов в автомобильной литературе образовался пробел, который нужно было заполнить книгой, посвященной теоретическим и практическим вопросам шасси и его связи с автомобилем в целом. В 1970 г. впервые появилась книга «Шасси автомобиля», годом позже вышло второе издание и в начале 1976 г. — третье. Это были три почти стереотипные издания.

Автомобили, бывшие современными в 1969 г., на сегодняшний день устарели и покупателю предлагаются технически более совершенные модели. По этой причине вышедшие в 1978 и 1982 гг. 4 и 5-е издания явились уже совершенно другими книгами со всеми новейшими достижениями того времени. Вместе с тем в них было сохранено описание и старых моделей, интересных в техническом или технологическом отношении. В результате этого объем книги вырос с 304 почти до 600 страниц.

В последние три года подвеска значительно усовершенствовалась, появилось много новых конструкций передней подвески. Очердная книга этой серии должна была показать конструктору особенности, а также кинематику и эластокинематику всех важных и интересных вариантов исполнения подвески. Это требует как текстового материала, так и подробных подрисуночных подписей и возможно более крупных иллюстраций, на которых можно было бы рассмотреть конструкцию в деталях.

Предлагаемая Вашему вниманию книга своим достаточным объемом обеспечивает требуемую убедительность. Она содержит не только техническую, но и справочную информацию, различные ссылки, перечни автомобилестроительных фирм и фирм-поставщиков. Все это значительно облегчает поиск нужных данных.

Я хотел бы выразить благодарность всем фирмам, которые великодушно предоставили мне техническую документацию. Особо хочется поблагодарить профессора Гюнтера Гакштеттера, моего последователя и сегодняшнего руководителя лаборатории «Шасси автомобиля» в Высшем техническом училище г. Кёльна, а также ее сотрудника г-на Гельмута Раппенхёнера. Большинство приведенных графиков построено на основе замеров, проведенных в этой лаборатории.

ПЕРЕЧЕНЬ НАЗВАНИЙ ИНОСТРАННЫХ ФИРМ И МАРОК
АВТОМОБИЛЕЙ

Адмирал	Admiral
Альфа-ромео	Alfa-romeo
Альфетта	Alfetta
Аскона	Askona
Бильштайн	Bilstein
БМВ	BMW
Богe	Boge
Виза	Visu
Вольво	Volvo
Галант	Galant
ГВБ	GWB (Gelenkwellenbau)
Георг Фишер	Georg Fischer
Гётце	Götze
Гленсер-спайсер	Glaenzer-Spicer
Гольф	Golf
Гранада	Granada
Даймлер-Бенц	Daimler-Benz
Дельта	Delta
Дженерал моторе	General Motors
Джетта	Jetta
Джусти	Justy
Джульетта	Julietta
Дипломат	Diplomat
Ильтис	Iltis
ИНА	INA
Кадет	Kadett
Капри	Capry
Кляйн	Klein
Кони	Koni
Кольт	Colt
Континенталь	Continental
Корза	Corsa
Крупп-брюнингхаус	Krupp Brüninghaus
Кэсборэп	Kässbohrer
Лемфёрдер-метальварен	Lemförder Metallwaren
Лёбро	Löbro (Löhr & Bromkamp)
Лянчия	Lancia
Магирус-дойц	Magirus Deutz
Мазда	Mazda
МАН	M. A. N.
Манга	Manta
Мииубисн	Mitsubishi
Монро	Monroe
Монца	Monza
Наделла	Nadella
НСУ	NSU
Опель	Opel

Оризон	Horizon
Остин-ровер	Austin Rover
Панда	Panda
Пассат	Passat
Пежо	Peugeot
Поло	Polo
Порше	Porsche
Прелюд	Prelud
Рекорд	Rekord
Рено	Renault
Ритмо	Ritmo
Ровер	Rover
Сааб	Saab
СГФ	SGF
Сенатор	Senator
Сирокко	Scirocco
Ситроен	Citroën
Скорпио	Scorpio
СКФ	SKF
Спейс-вэгон	Space Wagon
СНР	SNR
Субару	Subaru
Сьерра	Sierra
Тальбо	Talbot
Таунус	Taurus
Тимкен	Timken
Тоёта	Toyota
Транспортер	Transporter
ТРВ	TRW
Уни-кардан	Uni-Cardan
Уно	Uno
ФАГ	FAG
Фиат	Fiat
Фиеста	Fiesta
Фихтель и Закс	Fichtel & Sachs
Фольксваген	Volkswagen (VW)
Форд	Ford
Фройденберг	Freudenberg
Хёш	Hoesch
Хонда	Honda
Х. П. Эжэкутив	H. P. Executive
Цивик	Civic
Шевроле-корвет	Chevrolet Corvette
Эластогран	Elastogran
Эренрайх	Ehrenreich
Эскорт	Escort
Эспас	Espace
Ягуар	Jaguar
Аутобьянчи	Autobianchi
Аутоматик-кэфер	Automatic-Käfer
Гляс	Glas
Кампаньола	Campagnola
Симка	Simca
Унимог	Unimog
Концепт-карго	Concept Cargo
Лейланд	Leyland
Ле кар	Le Car
ЛНА	LNA
Регата	Regata

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Термины, обозначения в формулах, единицы физических величин и нанесение размеров соответствуют требованиям следующих стандартов ФРГ:

ДИН 406 (Изд. 04.80) «Нанесение размеров на чертежах»

ДИН 50145 (Изд. 05.75) «Испытания металлов. Растяжение»

ДИН 70000 (Изд. 06.83) «Дорожные транспортные средства, понятия динамики движения»

ДИН 74250 (Изд. 07.79) «Обозначения в формулах, единицы физических величин и индексы для описания тормозного оборудования».

Согласованность между этими четырьмя нормативами, происходящими из различных областей, отсутствует лишь в очень редких случаях, обычно могут отличаться только индексы.

Индексы

- a — на наружном (при повороте) колесе
- e — изменение вследствие эластичности (податливости)
- g — относится к автомобилю в целом
- h — сзади
- l — на внутреннем (при повороте) колесе
- k — обусловлено кинематикой
- l — слева
- r — справа
- s — вызвано боковой силой
- u — относится к неподдресоренным массам
- v — спереди
- ω — относится к кузову
- W — относится к центру (поперечного) крена
- 0 — относится к предопределенному нулевому положению

Расстояния (мм или м)

- $a...g$ — отрезки и длины
- b_F — расстояние между упругими элементами на оси
- $b_{v,h}$ — колея спереди, сзади
- Δb — изменение колеи или боковое смещение колес при зависимой подвеске
- D, d — диаметр
- e — вылет дискового колеса
- h_S — высота центра масс (автомобиля в целом)
- h_ω — высота центра масс кузова
- $h_{Wv,h}$ — высота центра крена по середине передней, задней оси
- l — база колесная
- L — длина
- n_k — вылет оси поворота

n_R	— снос реакции (вследствие деформации шины)
n_τ	— вынос колеса
r	— длина рычага или плеча
r_a	— плечо действия продольной (тяговой) силы
r_b	— плечо действия тормозной силы
r_{dyn}	— динамический радиус колеса (в тексте заменено на обозначение r_d по ГОСТ 17697—72.— <i>Прим. пер.</i>)
r_{stat}	— статический радиус колеса (в тексте заменено на обозначение r_{CT} по ГОСТ 17697—72.— <i>Прим. пер.</i>)
s	— перемещение или ход
s_g	— общий ход колеса
s_1	— ход колеса вверх (ход сжатия.— <i>Прим. пер.</i>)
s_2	— ход колеса вниз (ход отбоя.— <i>Прим. пер.</i>)
v	— схождение только одного колеса (в статике)
V	— схождение (в статике) обоих колес одной оси

Масса (кг или т)

m	— масса
m_R	— масса колеса
$m_{uv,h}$	— неподрессоренные массы передней, задней оси
$m_{v,h}$	— масса, приходящаяся на переднюю, заднюю ось
$m_{ov,h}$	— масса кузова (поддрессоренная масса), приходящаяся на переднюю, заднюю ось

Силы (Н или кН)

Строчная буква в индексе после F обозначает, что эта сила относится только к одной стороне оси, прописная — что сила относится ко всей оси автомобиля. Исключение составляет обозначение F_R : сила сопротивления качению может относиться только к одному колесу или к автомобилю в целом. Это различие можно определить по дополнительному индексу.

F	— сила
F_a'	— тяговая сила в точке контакта колеса
F_a''	— тяговая сила, действующая в центре колеса
F_a'''	— тяговая сила, перенесенная по перпендикуляру на ось поворота
F_A	— тяговая сила в точках контакта обоих колес
F_b	— тормозная сила в точке контакта колеса (F_b' и F_b'' аналогичны F_a' и F_a'')
F_{Bg}	— тормозная сила, приложенная в центре масс всего автомобиля
$F_{Bv,h}$	— тормозная сила в точках контакта обоих передних, задних колес
F_c	— центробежная сила
F_F	— упругая сила
F_n	— нормальная (вертикальная) сила в точке контакта колеса;
ΔF_n	— изменение вертикальной силы
F_r	— сила трения
F_{rst}	— результирующая сила
F_R	— сила сопротивления качению (F_R' и F_R'' аналогичны F_a' и F_a'')
F_s	— боковая сила в точке контакта колеса
F_T	— сила в стержне (тяге)
F_x	— сила в продольном направлении
F_y	— сила в боковом направлении
F_z	— сила в вертикальном направлении
G_g	— вес всего автомобиля
$G_{v,h}$	— нагрузка от оси передней, задней

Силы в шарнирных точках подвесок получили в качестве индекса букву, обозначающую эту точку, с указанием направления по рис. 1.1.

- F_D — пространственная сила, приложенная в точке D ;
- F_{Dx} — составляющая силы F_D в направлении движения;
- F_{Dy} — составляющая силы F_D в боковом направлении;
- F_{Dz} — составляющая силы F_D в вертикальном направлении;
- $F_{Du, \omega}$ — составляющие силы F_D в свободно выбранном направлении u или ω .

Жесткость (Н/мм) и моменты (Н·м)

- C_F — жесткость самого упругого элемента
- $C_{h\varphi}$ — равноименная упругая жесткость зависимой подвески (задней)
- $C_{v, h}$ — жесткость подвески, отнесенная к одной стороне оси и приведенная к точке контакта колеса (спереди, сзади)
- $C_{\varphi v, h}$ — жесткость стабилизатора при равноименном ходе подвески, приведенная к точке контакта колеса (спереди, сзади)
- M_A — тяговый момент
- M_b — изгибающий момент
- M_B — тормозной момент
- M_d — крутящий момент
- M_F — момент упругости
- M_t — торсионный, или скручивающий момент

Углы (градус или радиан)

- α — угол скручивания и угол отклонения
- α — угол наклона верхнего рычага на виде сзади (в подвесках на двойных поперечных рычагах)
- α — угол стреловидности оси поворота косо́го рычага {на виде сверху}
- $\alpha_{v, h}$ — угол увода шины на переднем, заднем колесе
- β — угол в шарнире (карданном)
- β — наклон нижнего рычага на виде сзади (в подвесках на двойных поперечных рычагах и с направляющими пружинными и амортизаторными стойками)
- β — угол наклона оси поворота косо́го рычага (на виде сбоку)
- δ — угол схождения или угол поворота
- $\Delta\delta$ — суммарное изменение угла схождения или угла поворота обоих колес
- γ — развал колеса
- $\Delta\gamma$ — изменение развала
- ε — опорный угол при торможении
- ν — угол продольного крена кузова
- χ — опорный угол при разгоне или угол, определяющий продольное смещение колеса при ходе подвески
- ζ — угол стреловидности между двумя поперечными тягами (на виде сверху)
- σ — угол поперечного наклона оси поворота колеса
- τ, τ_v — угол продольного наклона оси поворота на передних (управляемых) колесах
- $+\tau_h, -\tau_h$ — мнимый угол продольного наклона оси поворота на задних (неуправляемых) колесах
- φ — угол поперечного крена кузова
- $\Delta\varphi$ — изменение угла поперечного крена
- φ — угол сдвига вилок карданного вала

Показатели прочности (Н/мм²) и удлинений (%)

δ_5	— относительное удлинение при разрыве ($L_0=5d_0$)
E	— модуль упругости
HRC	— твердость по Роквеллу, шкала C
σ_T	— предел текучести
σ_W	— предел прочности при растяжении
$\sigma_{0,2}$	— условный предел текучести

Прочие обозначения

i_D	— передаточное отношение от колеса к амортизатору
i_F	— передаточное отношение от колеса к пружине
i_φ	— передаточное отношение при разноименном ходе зависимой подвески
I	— момент инерции сечения (см ⁴)
J	— момент инерции масс
n	— частота вращения или колебаний (мин ⁻¹);
u	— коэффициент неравномерности вращения карданного вала

1. ПОДВЕСКА И АВТОМОБИЛЬ

1.1. ТРЕБОВАНИЯ К ПОДВЕСКЕ

Подвеска, являясь промежуточным звеном между кузовом автомобиля и дорогой, должна быть легкой и наряду с высокой комфортабельностью обеспечивать максимальную безопасность движения. Для этого необходимы точная кинематика колес, легкость поворота управляемых колес, а также изоляция кузова от дорожных шумов и жесткого качения радиальных шин. Кроме того, надо учитывать, что подвеска передает на кузов силы, возникающие в контакте колеса с дорогой, поэтому она должна быть прочной и долговечной (рис. 1.1).

Детали, соединяющие опоры подшипника колеса* с кузовом (рычаги, штанги и упругие элементы), должны удовлетворять этим требованиям. Применяемые шарниры должны легко поворачиваться, быть малоподатливыми и вместе с тем обеспечивать шумоизоляцию кузова. Рычаги должны передавать силы во всех направлениях, а также тяговые и тормозные моменты и быть при этом не слишком тяжелыми или дорогими в изготовлении. Упругие элементы при эффективном использовании материала должны быть простыми и компактными и допускать достаточный ход подвески.

На легковых автомобилях детали подвески часто крепятся не к самому кузову, а к промежуточной поперечине, образующей вместе с подвеской единую сборочную единицу. Такая конструкция упрощает сборку на конвейере, регулировочные работы и последующий ремонт, а за счет дополнительных резиновых элементов позволяет осуществлять шумоизоляцию. Рама в легковых

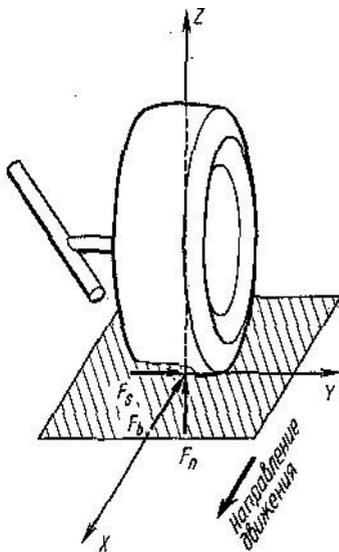


Рис. 1.1. Силы, действующие в точке контакта колеса с дорогой (левое переднее колесо):

F_b — сила сопротивления качению или тормозная сила; F_n — вертикальная сила; F_s — боковая сила

* Термин «Опора подшипника колеса» обозначает деталь — кулак, стойку, цапфу, балку, несущую неподвижное кольцо подшипника колеса. — Прим. пер.

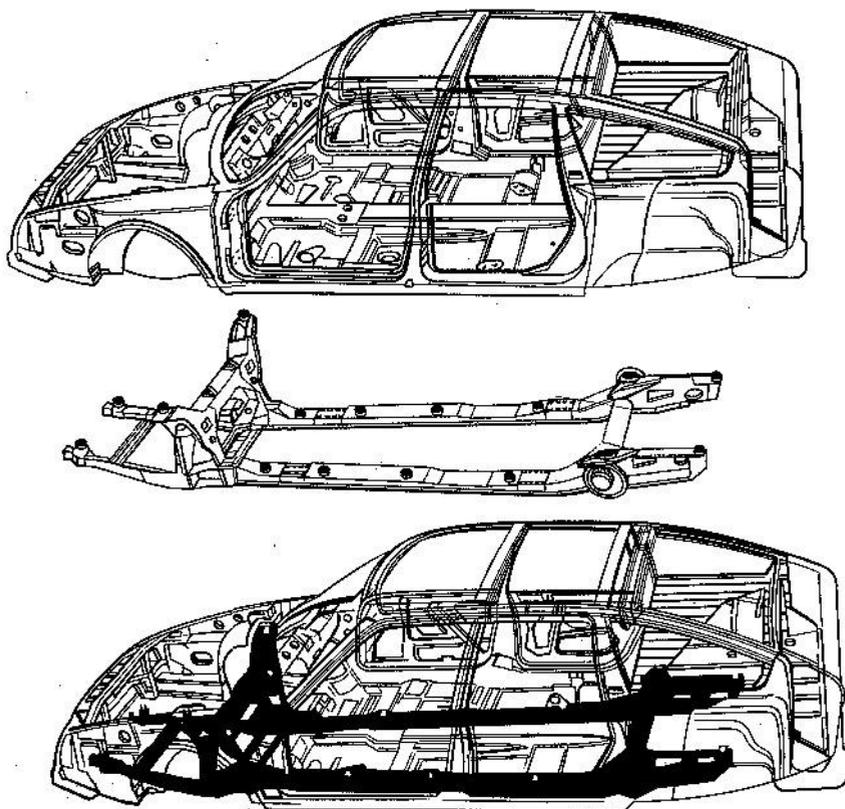


Рис. 1.2. Для изоляции кузова от действия шумов подвески и жесткого качения радиальных шин с металлическим кордом фирма «Ситроен» на мод. *CX* применила раму, на которую кузов опирался через 16 резиновых опор

автомобилях применяется в настоящее время редко (рис. 1.2) и обычно кузов выполняется несущим, это позволяет уменьшить массу и производственные затраты по сравнению с раздельной конструкцией рамы и кузова. Только на средних и тяжелых грузовых автомобилях, а также на многоцелевых легковых автомобилях высокой проходимости рама осталась силовым элементом (рис. 1.3 и 5.35). При рамной конструкции потребителю может быть предложена широкая гамма кузовов [33]. Передние колеса должны иметь возможно большие углы поворота, а ведущие колеса — допускать установку на них цепей противоскольжения. К сожалению, широкопрофильные шины в некоторых случаях этого не позволяют, а водителю не всегда об этом известно.

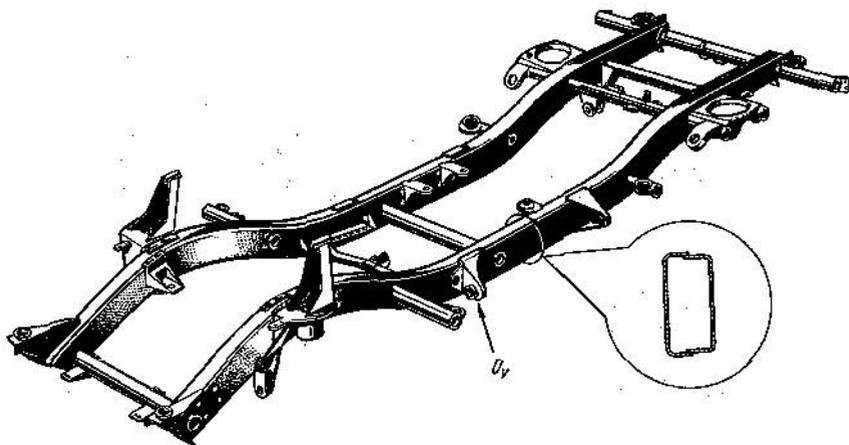


Рис. 1.3. Рама полноприводного многоцелевого легкового автомобиля «Даймлер-Бенц G». Возможны различные колесные базы и установка разных кузовов. Автомобиль мод. 230GE показан на рис. 1.12.

1.2. НАГРУЖЕНИЕ КУЗОВА И РАМЫ

Упругие элементы должны поддерживать кузов в местах основных нагружений: посередине двигателя, под задним сиденьем и багажником (рис. 1.4) или между задним сиденьем и багажником (рис. 1.5). За счет этого можно уменьшить нагруженность кузова и сделать его более легким. Повышенная нагрузка, имеющая место на развозных автомобилях и специальных легковых, хорошо воспринимается двумя продольными рессорами (см. рис. 3.2). Примером этого может служить пикап, разработанный на базе автомобиля «Фольксваген-гольф», с задней зависимой подвеской, рессоры которой крепятся передними и задними концами к лонжеронам. Благодаря такому решению грузоподъемность этого автомобиля увеличена до 625 кг (не считая массы водителя). Подвески на продольных рычагах с торсионами могут передавать всю работу сил упругости через крон-

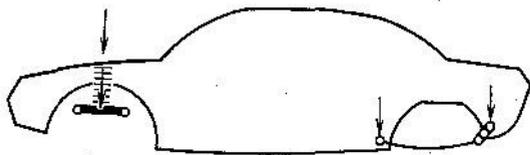


Рис. 1.4. Продольные задние рессоры поддерживают кузов легкового автомобиля в двух точках: под задним сиденьем и под багажником.

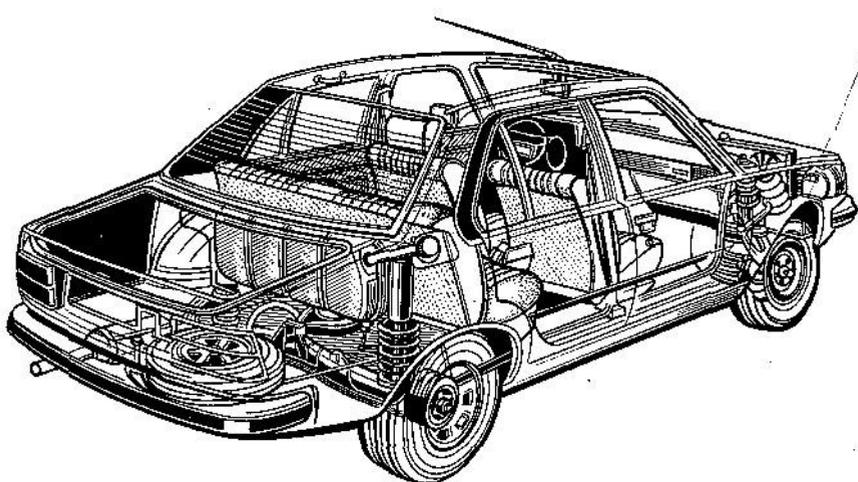


Рис. 1.5. На «Рено 18» пружины, опирающиеся на балку, поддерживают кузов между спинкой заднего сиденья и багажником. Для размещения этой зависимой подвески потребовался поперечный туннель, на котором установлен топливный бак, в результате чего получился ровный пол багажника. Под полом установлено запасное колесо, закрепляемое сверху (для предотвращения хищения). Амортизаторы с буфером отбоя и сжатия размещены внутри пружин. Из-за большой монтажной длины амортизаторы крепятся высоко вверху на брызговики крыла (см. также рис. 3.24)

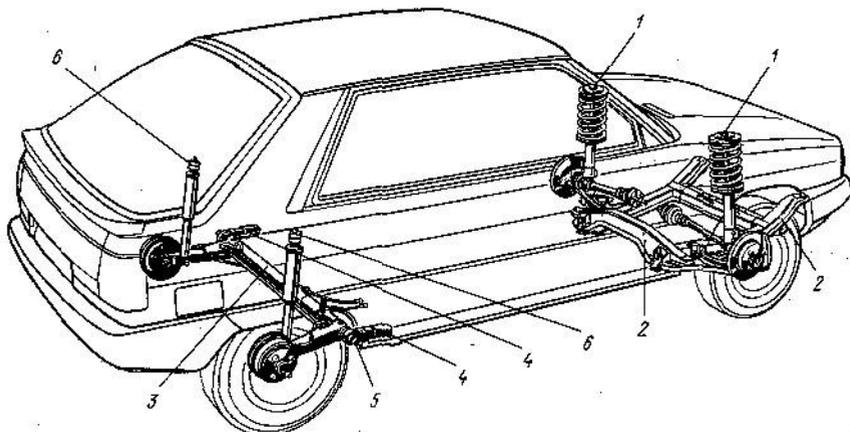


Рис. 1.6. Передняя подвеска автомобиля "Рено-11" имеет направляющие стойки 1, которые внизу крепятся к простирающейся далеко вперед поперечине 2. Задняя подвеска на продольных рычагах имеет в качестве «силового узла» трубчатую поперечину 3, в которой с обеих сторон установлены торсионы. Момент, образуемый этими торсионами, передается через кронштейны 4 далее, на основание кузова. Передача вертикальных сил осуществляется в точках 5 поворота рычагов, расположенных перед осью колёс (см. рис. 7.12). Дополнительные силы через верхнее крепление 6 амортизаторов воздействуют в зоне колесных шин на свободно несущую заднюю часть кузова

штейны 4 (рис. 1.6 и см. рис. 7.12) на кузов в виде изгибающего момента, однако это связано с тем недостатком, что передача вертикальных сил осуществляется перед осью колес, а кузов, начиная от точек крепления 5, должен воспринимать нагрузку консольно. К этому прибавляются еще усилия растяжения амортизаторов.

На рис. 5.27 и 6.48 показаны передние подвески с продольными торсионами. Упругие моменты действуют здесь в противоположных направлениях и взаимно уравниваются. Простая поперечина, монтируемая с шумоизоляцией, воспринимает концы торсионов и обеспечивает возможность бесступенчатой регулировки высоты кузова.

1.3. СИЛОВЫЕ УЗЛЫ ПОДВЕСКИ

1.3.1. Поперечина подвески

Для изоляции дорожных шумов и ограничения сил, передаваемых на кузов, в подвеске на двойных поперечных рычагах целесообразно применять поперечину (рис. 1.7). На нее опи-

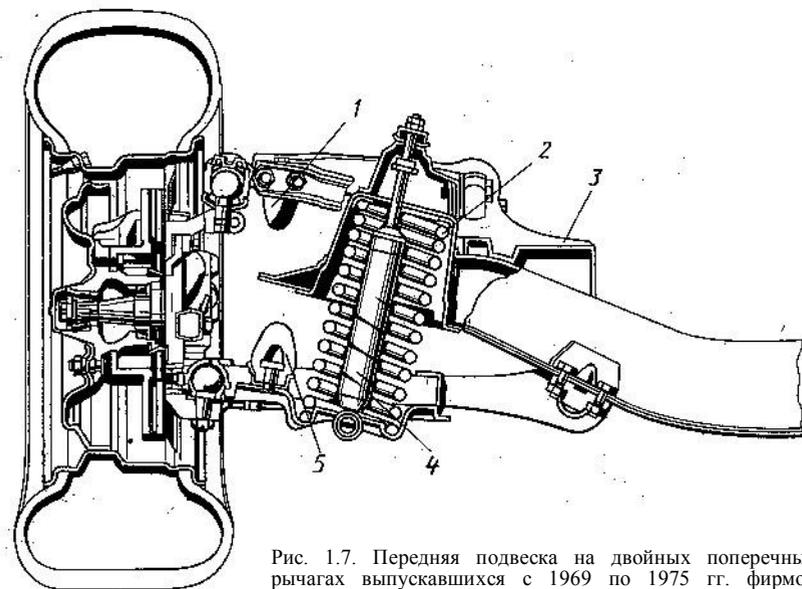


Рис. 1.7. Передняя подвеска на двойных поперечных рычагах выпускавшихся с 1969 по 1975 гг. фирмой «Опель» мод. «Адмирал» и «Дипломат». Амортизатор 4

имеет большую монтажную длину, чем пружина 2, поэтому крепится на вытянутом вверх колпаке с помощью штыревого шарнира. Палец прямого верхнего направляющего шарнира крепится клеммовым зажимом, а палец прямого несущего шарнира — посредством конуса 1:10. Подшипники колес — роликовые конические. Вентилируемые тормозные диски надеваются на ступицы с внутренней стороны, что неудобно для сборки, однако позволяет получить большой диаметр расположения крепежных отверстий дискового колеса

раются не только все детали системы поддрессирования (пружина 2, буфер отбоя 1, буфер сжатия 5 и амортизатор 4), но и поперечные рычаги и опоры двигателя (через кронштейны 3).

До начала семидесятых годов поперечина часто применялась на легковых автомобилях классической компоновки. Однако повышенная стоимость и основной недостаток — трудность получения передней зоны деформации с требуемым поглощением энергии — заставили большинство изготовителей легковых автомобилей отказаться от силового узла такого типа. Как видно из рис. 5.18 («Фольксваген *LT*»), поперечина еще встречается на современных легковых грузовиках, однако здесь она жестко крепится к лонжеронам.

Чтобы предотвратить боковое заужение погрузочной поверхности колпаками амортизаторов, пружины и амортизаторы задних подвесок на продольных рычагах располагают примерно горизонтально и крепят к поперечине подвески (см. рис. 7.17 и 7.21). В результате этого на автомобиле «Ситроен *BX*» создается возможность загрузки через заднюю дверь с использованием всей ширины погрузочного пространства. В противном случае возникает боковое заужение багажника, особенно в случае применения пружинных направляющих стоек.

1.3.2. Амортизатор с пружиной

Амортизаторы с пружиной, пришедшие из мотостроения и подробнее описанные в [30], применяются все большим числом изготовителей легковых автомобилей, причем не только в независимых подвесках, но и в зависимых, и в подвесках со связанными рычагами (рис. 1.8). Такой силовой узел, раньше называвшийся иногда стойкой, включает в себя все детали, осуществляющие поддрессирование: пружину 15, буфер отбоя 18, дополнительный упругий элемент 4 (рис. 1.9) и амортизатор, на котором они смонтированы. На рис. 1.10 показана подвеска на двойных поперечных рычагах переднеприводного автомобиля «Рено-18», где болтами 5 крепятся не только амортизаторы с пружиной, но и идущие к стабилизатору 3 стойки. Несущие шарниры, вставленные сверху, при такой конструкции воспринимают все вертикальные силы, поэтому нижние рычаги 1 могут иметь направляющие шарниры с малым трением.

1.3.3. Пружинная стойка

В направляющей пружинной стойке силовой узел также может воспринимать усилия пружин и стабилизатора. На автомобиле «Опель-сенатор» таковым является резервуар амортизатора 6 (рис. 1.11). На утолщенном штоке 3 (передающем и поперечные усилия) вверху находится дополнительный упругий эле-

Рис. 1.8. Задний амортизатор, изготавливаемый фирмой «Боге» для автомобилей «Фольксваген голф II» и «Джетта», с пружиной 15 и буфером отбоя 18. Буфер отбоя установлен на штоке толщиной 11 мм и для обеспечения достаточной опорной базы при полном ходе отбоя расположен на 107 мм выше поршня диаметром 27 мм. Опорная чашка 1 буфера закатана в канавку на штоке. Верхнее крепление выполнено в виде штыревого шарнира, который передает усилие пружины и буферов через массивные шумоизолирующие резиновые подушки 11 и 13 на кузов. Эти подушки поджимаются с помощью гаек 8 и 9; втулка 7 и обоймы 10 и 12 обеспечивают определенный предварительный натяг. Нижняя шайба 14 опирается на проволочное стопорное кольцо, установленное в полукруглой канавке, с этой шайбой контактирует верхняя чашка 6 пружины и дистанционная втулка 7. На чашку 6 через эластичное кольцо 5 опирается пружина 15, а также дополнительный упругий элемент 4 из полиуретана с кольцевым выступом внизу для установки пластмассового кожуха 17. При ходе сжатия элемент 4 упирается в колпачок 16, который предохраняет от повреждения уплотнение штока и имеет канавку 3 для выхода воздуха из дополнительного упругого элемента при его сжатии. Нижняя чашка пружины опирается на три выступа 2, которые выдавлены на наружной трубе 19 изнутри и должны иметь допуск по наружному диаметру $\pm 0,5$ мм. Чтобы запрессованная в проушину резиновая деталь могла передавать вертикальные силы с небольшой деформацией, шарнир 20 имеет ширину 40 мм, его крепление осуществляется болтом M10. Пружина показана отдельно на рис. 2.9.

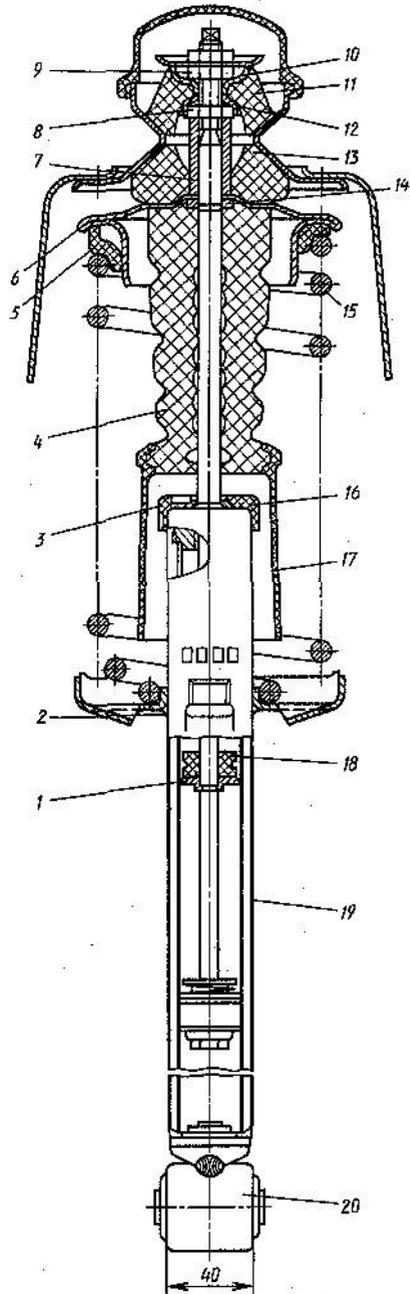


Рис. 1.9. Дополнительный упругий элемент, изготавливаемый фирмой «Эластогран» из ячеистого полиуретанового эластомера «Целласто» и устанавливаемый на заднем амортизаторе с пружинной автомобиля «Фольксваген голф II». Свойства материала и форма элемента позволяют получить сильно прогрессивную характеристику упругости. При габаритной высоте 146 мм этот ячеистый элемент может быть сжат на 110 мм, воспринимая при этом усилие более 7 кН

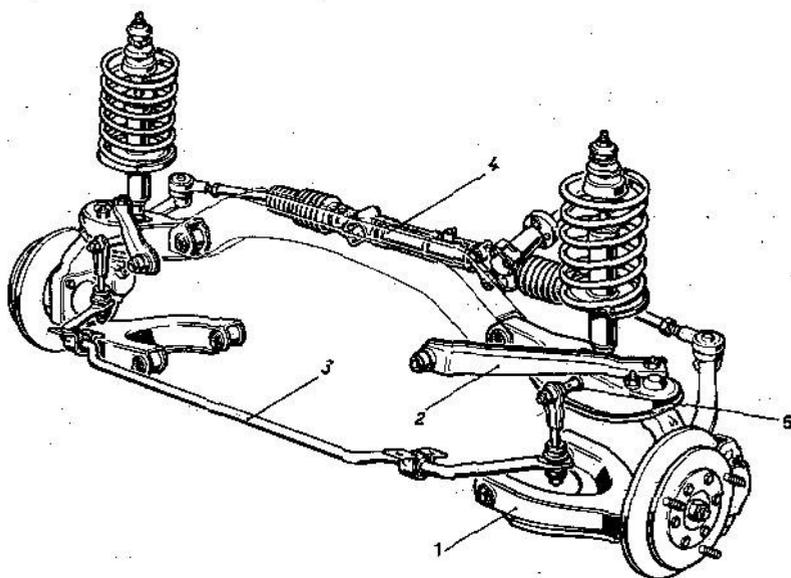
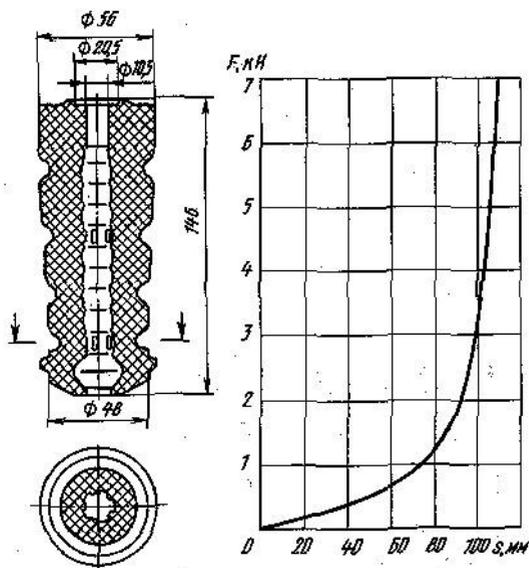


Рис. 1.10. Передняя подвеска на двойных поперечных рычагах автомобиля «Рено-18». Для свободного прохода полуосей амортизаторы с пружиной опираются на верхние рычаги 2. Реечный рулевой механизм 4 крепится на поперечине, относящейся к кузову

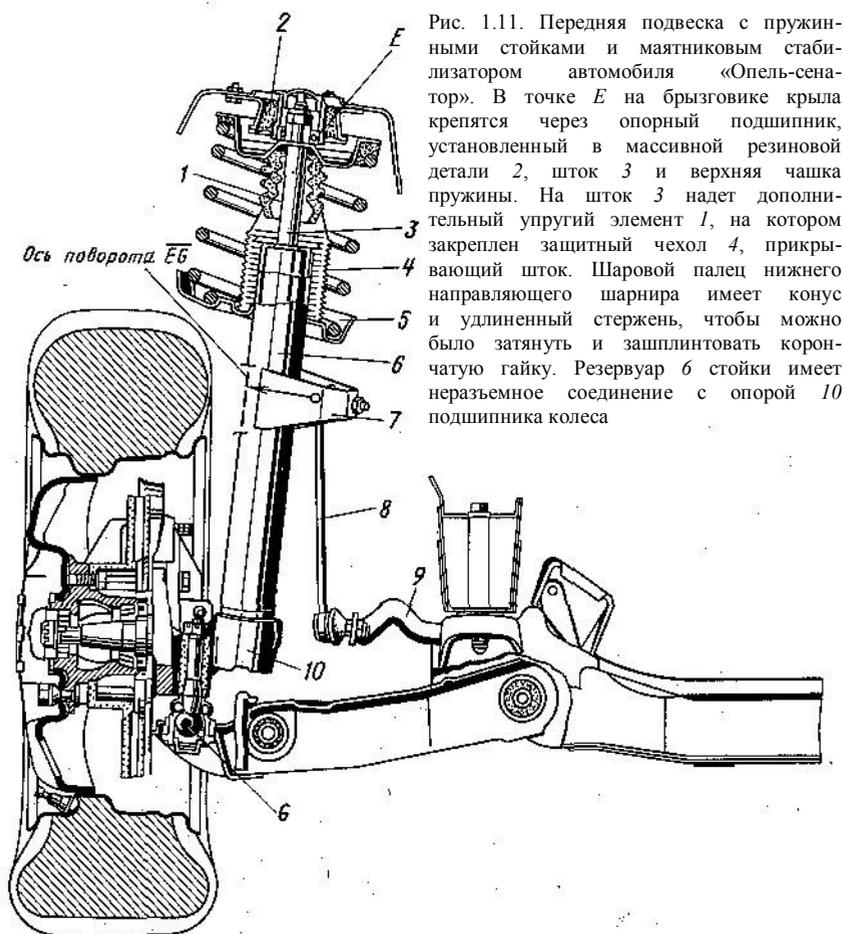


Рис. 1.11. Передняя подвеска с пружинными стойками и маятниковым стабилизатором автомобиля «Опель-сенатор». В точке *E* на брызговике крыла крепятся через опорный подшипник, установленный в массивной резиновой детали 2, шток 3 и верхняя чашка пружины. На шток 3 надет дополнительный упругий элемент 1, на котором закреплен защитный чехол 4, прикрывающий шток. Шаровый палец нижнего направляющего шарнира имеет конус и удлиненный стержень, чтобы можно было затянуть и зашплинтовать корончатую гайку. Резервуар 6 стойки имеет неразъемное соединение с опорой 10 подшипника колеса

мент 1, а внизу - буфер отбоя (на рисунке не показан). К резервуару приварены опорная чашка 5 пружины и кронштейн 7, к которому изнутри крепится верхний шаровой шарнир стойки 8 стабилизатора на расстоянии t от оси поворота (линии, соединяющей точки *E* и *G*). Вследствие этого плеча (отрезок t) и наклонного положения стойки на виде сбоку (угол продольного наклона τ) при повороте руля и вращении резервуара 6 плечо 9 стабилизатора с наружной (на повороте) стороны еще больше приподнимается, а с внутренней стороны — опускается. Такое экономичное решение помогает уменьшить диаметр стабилизатора. Кроме того, в точке *G* требуется лишь простой направляющий шарнир, который должен воспринимать только боковые и продольные силы.

1.4. ПРИМЕНЯЕМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДВЕСКИ

Конструкция подвески зависит от того, для каких колес она применяется: передних или задних, ведущих или нет. Кроме того, различают зависимые и независимые подвески. К последним относятся подвески на двойных поперечных рычагах и с направляющими пружинными и амортизаторными стойками, которые требуют мало места в поперечном направлении, оставляя, например, в середине место для двигателя. Другие независимые подвески — на продольных и на косых рычагах — почти не занимают пространства по высоте и позволяют получить широкий багажник с плоским полом. На всех зависимых подвесках балка перемещается на полную величину хода подвески. Свободное место, которое должно быть оставлено для этого сверху, уменьшает объем заднего багажника и затрудняет размещение запасного колеса. Спереди такая балка оказалась бы под двигателем, и для обеспечения достаточного хода сжатия потребовалось бы поднять Двигатель или сместить его назад. По этой причине зависимые передние подвески применяются только на грузовых автомобилях и полноприводных многоцелевых легковых автомобилях. По отношению к ним описанная в гл. 4 конструкция подвески со связанными рычагами может считаться промежуточной между зависимой и независимой подвес-

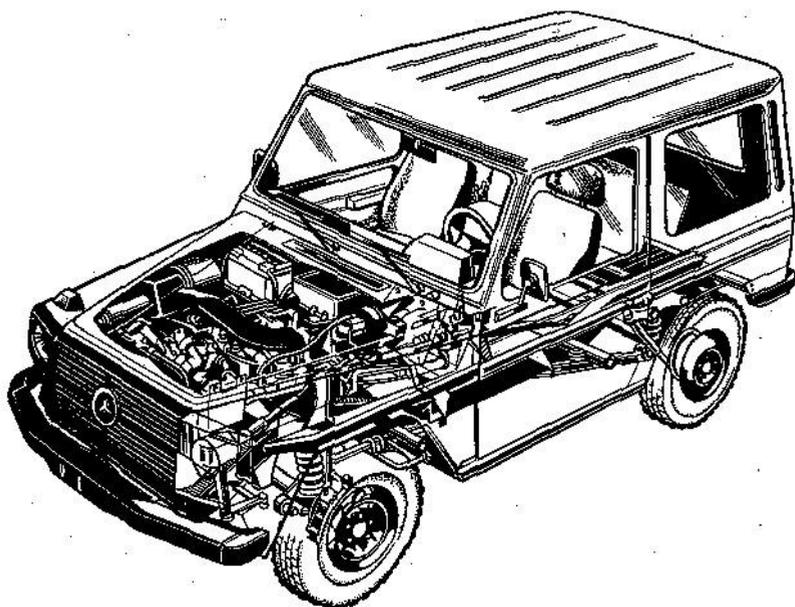


Рис. 1.12. Полноприводный многоцелевой легковой автомобиль 230GE фирмы «Даймлер-Бенц» с двухдверным кузовом и зависимыми подвесками спереди и сзади. На рис. 3.55 показана передняя подвеска, на рис. 1.3 — рама

1.1. Подвески легковых автомобилей 1986 г.

Изготовитель	Тип привода	Передняя подвеска			Задняя подвеска						
		на двойных поперечных рычагах	Направляющая стойка		зависимая	со связанным рычагами	на двойных поперечных рычагах	Направляющая стойка		на продольных рычагах	на косых рычагах
			пружинная	амортизационная				пружинная	амортизационная		
Альфа-ромео	Классический	X			X						
БМВ			X								X
Ваксхолл		X			X						
Вольво			X		X						
Даймлер-Бенц		X		X			X				X
Мазда			X		X						X
Мицубиси			X					X			X
Опель			X		X						X
Пежо			X		X						X
Порше		X	X				X				X
Ровер			X		X						
Тоёта			X		X						X
Фиат		X			x						
Форд			X								X

Продолжение табл. 1.1.

Изготовитель	Тип привода	Передняя подвеска			Задняя подвеска						
		на двойных поперечных рычагах	Направляющая стойка		зависимая	со связанными рычагами	на двойных поперечных рычагах	Направляющая стойка		на продольных рычагах	на косых рычагах
			пружинная	амортизационная				пружинная	амортизационная		
Ягуар		X					X				
Альфа-ромео	Передний		X		X						
Ауто-унион			X		X						
Лянчия			X					X			
Мазда			X					X			
Мицубиси			X		X					X	
Ниссан			X		X			X			
Опель			X			X					
Остин			X	X							X
Пежо				X						X	
Рено			X	X					X	X	
Сааб			X	X		X					
Сеат				X				X			
Ситроен				X		X	X		X		

27

Тальбо		X	X						X	
Тоёта			X				X			
Фиат			X	X	X			X		
Фольксваген			X		X					
Форд			X	X				X		
Хонда		X	X	X	X		X			
Альфа-ромео			X	X						
Ауго-унион			X			X	X			
Порше						X				
Рено		X		X						
Субару	Полнопри- водный		X					X		X
Тоёта			X	X						
Фиат			X	X						
Фольксваген			X							X
Форд		X					X			
Порше	ЗМ*			X						X

* Заднемоторная компоновка

ками. Она применяется пока только для задних колес переднеприводных автомобилей. В табл. 1.1 указаны подвески, применяемые наиболее известными изготовителями легковых автомобилей для передних и задних колес. Из таблицы видно, что многие изготовители устанавливают на все модели с одинаковым типом привода одинаковые по конструкции подвески. Независимо от типа привода отмечается явная тенденция к применению направляющих стоек в передних подвесках. На легковых автомобилях классической компоновки задняя зависимая подвеска все больше вытесняется подвесками на косых и двойных поперечных рычагах. В то же время зависимые подвески все чаще применяются для задних колес на переднеприводных и полноприводных легковых автомобилях. На рис. 1.12 показан полноприводный многоцелевой легковой автомобиль.

1.5. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОДВЕСОК

Ходовая часть легкового автомобиля должна с запасом удовлетворять условиям движения, которые могут быть созданы двигателем. В условиях все возрастающих ускорений, скоростей движения (в том числе и на поворотах) и замедлений ходовая часть должна надежно обеспечивать безопасность движения. Эти требования легче выполнить, применяя независимые подвески, которые имеют следующие основные преимущества:

- компактность;
- возможность кинематического или эластокинематического изменения схождения колес в направлении недостаточной поворачиваемости (см. рис. 6.55—6.57);
- небольшая масса;
- отсутствие взаимовлияния колес.

Два последних преимущества важны для хорошего сцепления с дорогой, особенно на поворотах с волнистым дорожным покрытием.

Поперечные и продольные рычаги обеспечивают желательные кинематические характеристики колес при ходах сжатия и отбоя и осуществляют передачу сил на кузов (рис. 1.13). Боковые силы образуют дополнительно момент, усиливающий поперечный крен кузова на повороте. Опоры рычагов деформируются под нагрузкой и влияют на характеристики упругости: либо увеличивают жесткость за счет скручивания резиновых элементов, либо трение за счет скольжения деталей (рис. 1.14).

Колеса наклоняются вместе с кузовом (рис. 1.15), наружное (при повороте) колесо, которое должно воспринимать большую часть боковой силы, наклоняется в сторону положительного развала, а внутреннее — в сторону отрицательного. В результате возможность передачи шинами боковых сил уменьшается. Чтобы

Рис. 1.13. При независимой передней подвеске боковая сила на повороте F_{sva} вызывает реакции F_{Ey} и F_{Gy} в деталях, соединяющих опору подшипника колеса с кузовом. В результате как на наружной, так и на внутренней стороне возникают моменты, способствующие боковому крену кузова. Независимо от этого расстояние между точками E и G в подвеске на двойных поперечных рычагах должно быть возможно большим для уменьшения сил на кузове и в опорах рычагов, чтобы деформация резиновых элементов не превышала допустимой величины

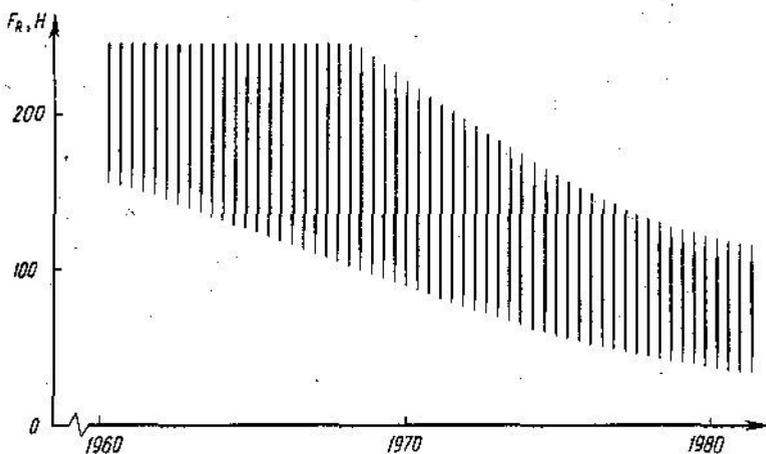
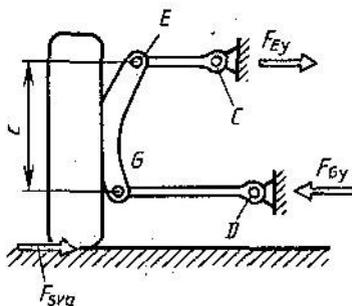
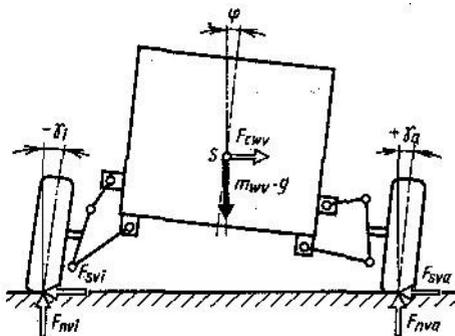


Рис. 1.14. Уменьшение силы трения (отнесенной на колесо) в течение последних десятилетий для диапазона нагрузок на колесо 2500—3500 Н. Чем меньше сила трения, тем комфортнее действие поддрессоривания и тем меньше «встряхивание» силового агрегата

Рис. 1.15. Если на повороте кузов кренится на угол φ , то наружное колесо независимой подвески наклоняется в сторону положительного развала $+\gamma_a$, а внутреннее — в сторону отрицательного — γ_i . Возможность передачи шинами боковых сил падает, вследствие чего увеличиваются углы увода; m_{wv} — поддрессоренные массы, приходящиеся на переднюю ось, F_{wv} — центробежная сила, приложенная на высоте центра масс S



этого не происходило, кинематическое изменение развала должно противодействовать указанному недостатку (см. рис. 5.13, 6.9 и 8.9). Кроме того, поперечный крен кузова на повороте должен быть возможно меньшим. Этого можно достичь с помощью более жесткой подвески, дополнительных стабилизаторов или высокорасположенных центров крена.

Зависимые подвески также имеют целый ряд недостатков, существенных для легковых автомобилей, но допустимых для средних и тяжелых грузовых автомобилей:

большая масса балки при расположении в ней главной передачи;

склонность к смещению на дороге с поперечными волнами;

взаимосвязанное положение колес (рис. 1.16);

собственный поворот оси при прямолинейном движении по дороге с выбоинами (т. е. разноименном или одностороннем ходе подвески);

необходимость свободного пространства над осью, соответствующего ходу сжатия подвески;

перераспределение колесных нагрузок под действием тягового момента (рис. 1.17), особенно при установке сдвоенных шин;

малое расстояние b_F между опорами упругих элементов на кузове, которое может быть увеличено лишь при усложнении конструкции (см. рис. 3.45, 3.46).

Расстояние b_F между пружинами, как правило, меньше колеи b_h соответственно уменьшается и жесткость при разноименном ходе подвески c_{hj} (рис. 1.18). Исходя из жесткости при равностороннем ходе c_{hz} , получается, что

$$c_{hj} = c_{hz} / i_j^2, \text{ где } i_j = b_h / b_z$$

Поперечный крен кузова под действием центробежной силы $F_{св}$ (см. рис. 1.15), приложенной в центре масс автомобиля S , при зависимой подвеске увеличивается.

За счет совершенствования деталей подвески и соответствующего исполнения упругих и демпфирующих элементов характеристики зависимых подвесок ведущих колес удалось улучшить настолько, что, несмотря на тяжелую главную передачу, они применяются в настоящее время на крупносерийных лимузинах и

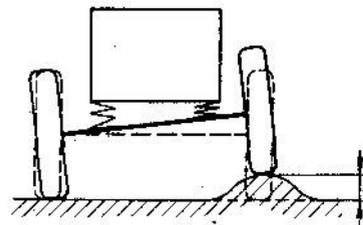


Рис. 1.16. Взаимное влияние обоих колес зависимой подвески при проезде дорожных неровностей, показанное на примере одностороннего хода подвески

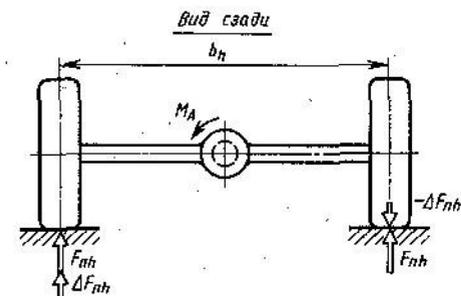


Рис. 1.17. Если редуктор главной передачи расположен в балке моста, то тяговый момент, от двигателя M_A воспринимается в точках контакта колес, где возникают изменения вертикальных сил $\pm \Delta F_{nh}$. В данном случае левое заднее колесо дополнительно нагружается ($F_{nh} + \Delta F_{nh}$), а правое разгружается ($F_{nh} - \Delta F_{nh}$). При правом повороте правое колесо может преждевременно повернуться, вследствие чего происходят потеря боковой силы и внезапный срыв задней оси

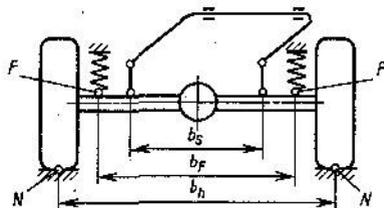


Рис. 1.18. При рассмотрении поперечного крена кузова размеры b_F (между упругими элементами) и b_S (между точками присоединения стабилизатора) входят в расчет жесткости $c_{h\varphi}$ при разномименном ходе. Величина i_φ входит туда в квадрате, и чем больше это «передаточное отношение», тем меньше противодействие крену кузова, поэтому упругие элементы и плечи стабилизатора должны крепиться к балке моста возможно ближе к его концам

купе, достигающих скорости 190 км/ч и более: «Ровер-витесс», «Морган плюс 8», «Вольво 760», «Мазда RX7», «Тоёта королла GTI, 6V» и т. д.

Из-за большой массы зависимая подвеска ведущих колес на волнистой, неровной дороге (в особенности на поворотах) не достигает по уровню параметров независимых подвесок, однако склонность к смещению может быть в определенной степени снижена установкой газонаполненных однотрубных амортизаторов. Эти амортизаторы, правда, дороже, однако позволяют без заметного ухудшения плавности хода повысить усилие сжатия. В результате усилие демпфирования будет лучше противодействовать подкакиванию колес при ходе сжатия. Эта мера является самым простым и, возможно, самым экономичным способом устранения основного недостатка зависимой подвески. Более подробно это рассмотрено в [30].

В отличие от автомобилей классической компоновки, на переднеприводных картина другая: у них зависимая задняя подвеска имеет скорее преимущества, чем недостатки. Как отмечено в [33], она получается не тяжелее сопоставимых независимых подвесок и, кроме того, дает возможность получения высокого центра крена (что желательно для автомобилей с таким приводом). Другие преимущества зависимой подвески:

простота и экономичность изготовления;

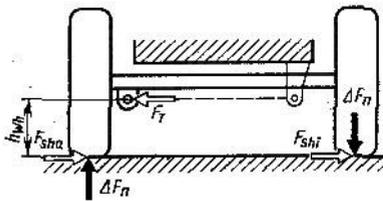


Рис. 1.19. При зависимых подвесках балка воспринимает изгибающие моменты, обусловленные боковыми силами. Между подвеской и кузовом возникает только сила F_T , значение которой соответствует боковым силам F_{sha} и F_{shi} в точках контакта. При горизонтальной тяге Панара отрезок h_{wh} соответствует высоте центра крена. Чем выше эта точка над дорогой, тем больше изменение колесных нагрузок $\pm \Delta F_n$

отсутствие изменения колеи, схождения и развала при ходах подвески, что обуславливает малый износ шин и хорошую боковую устойчивость;

постоянство развала колес при крене кузова на повороте, т. е. стабильная передача шинами боковых сил;

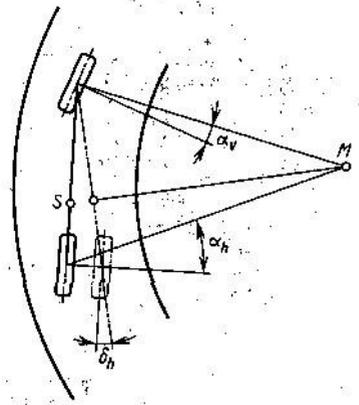
восприятие момента боковых сил $M = F_T h_{wh}$ поперечной штангой (например, тягой Панара, рис. 1.19), которую можно расположить почти на любой высоте, что позволяет изменять поворачиваемость под действием боковой силы.

Неразрезной задний мост может быть подвешен на наклонных продольных рычагах или продольных рессорах таким образом, что при движении на повороте он повернется (в плане) на небольшой угол относительно продольной оси автомобиля (рис. 1.20), при этом с наружной стороны база несколько уменьшается, а с внутренней — соответственно увеличивается. Задний мост поворачивается в направлении поворота автомобиля, способствуя тем



Рис. 1.20. Наклонные продольные рессоры с опущенными передними (по сравнению с задними) точками крепления к кузову осуществляют поворот задней оси в направлении недостаточной поворачиваемости. При крене кузова наружное при повороте колесо, совершая ход сжатия s_1 , перемещается вперед на Δl_1 , а внутреннее при ходе отбоя s_2 перемещается назад на Δl_2 . В результате ось поворачивается на угол δ_h .

Рис. 1.21. Если задняя ось (при зависимой подвеске) поворачивается на угол δ_h в направлении недостаточной поворачиваемости, то задняя часть автомобиля меньше смещается к внешней стороне поворота и водитель получает ощущение более нейтральной поворачиваемости, что повышает уверенность управления при быстрой смене полосы движения



самым недостаточной поворачиваемости (рис. 1.21). Такая подвеска хотя и может отрицательно сказаться при движении по неровным дорогам, однако противодействует присущей легковым автомобилям классической компоновки тенденции к избыточной поворачиваемости. При движении на поворотах. При зависимой подвеске ведущих колес автомобиль реагирует на изменение подачи топлива, хотя и не в такой степени, как при подвеске на косых рычагах. Подробно этот вопрос рассматривается в [30].

На переднеприводных автомобилях ведомым колесам можно придать отрицательный развал, что несколько улучшает передачу шинами боковых сил, но иногда ухудшает характер износа. Такое же решение возможно и для подвески со связанными рычагами. Ее конструкция является промежуточной между зависимой и независимой подвесками, такая подвеска применяется пока только на переднеприводных автомобилях (см. разд. 4.1).

1.6. РЕАКЦИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПОДАЧИ ТОПЛИВА

1.6.1. Определение терминов

При движении на повороте с постоянной скоростью в поведении автомобиля различают нейтральную, недостаточную (рис. 1.21) или избыточную поворачиваемость (см. рис. 2.81 и 3.27).

Если водитель при быстром прохождении поворота снимает ногу с педали управления подачей топлива, замечая, что автомобиль выходит из подчинения, движение автомобиля замедляется. Вместо тяговых сил в точках контакта колес с дорогой возникают тормозные силы, вследствие чего автомобиль мгновенно поворачивается вокруг вертикальной оси, т. е. происходит поворот кузова в сторону центра поворота. Это явление называют реакцией на уменьшение подачи топлива или эффектом ввинчивания

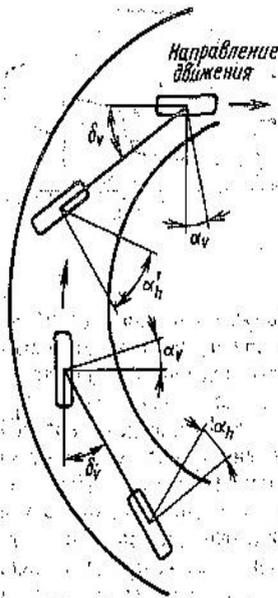


Рис. 1.22. Уменьшение подачи топлива на повороте вызывает в точках контакта ведущих задних колес увеличение угла увода с α_h до α'_h и поворот за счет этого автомобиля к внутренней стороне поворота, если не уменьшить поворот передних колес δ_v . Это явление носит название реакции на уменьшение подачи топлива или эффекта ввинчивания

(рис. 1.22). Если быстро не повернуть рулевое колесо обратно, автомобиль выйдет за пределы дороги или на полосу встречного движения при левом повороте, т. е. возникает опасная ситуация. Чем больше тяговые силы (например, нагорном подъеме при включенной второй передаче), тем острее этот переход от недостаточной поворачиваемости к избыточной, а чем выше скорость движения, тем быстрее он происходит. Такой спонтанный и практически недемпфированный переход от тягового режима к тормозному сильнее ощущается на автомобилях с обычным сцеплением. Включенный в трансмиссию, гидротрансформатор несколько замедляет этот переход.

1.6.2. Влияние подвески на косых рычагах

Когда водитель автомобиля с задними ведущими колесами увеличивает подачу топлива, то вследствие разной высоты точек приложения тяговых сил F_A , приложенных в центре колес, силы сопротивления воздуха F_L , а также силы инерции F_T возникает момент, несколько приподнимающий переднюю и опускающий заднюю часть кузова (при соответствующих ходах подвесок) (рис. 1.23). В соответствии с кинематикой подвески передние колеса при этом наклоняются в сторону положительного развала, а задние — отрицательного (см. рис. 8.9). Возможность передачи боковых сил передними шинами несколько снижается, а задними — повышается. Поэтому угол увода α_v передних колес надо увеличивать, а задних α_h — уменьшать.

При уменьшении подачи топлива в точках контакта задних колес возникает тормозная сила F_{Bh} , а в центре масс S автомобиля — направленная вперед инерционная сила F_{Bg} (рис. 1.24). Эта пара сил опускает переднюю и приподнимает заднюю часть кузова. В результате срабатывания подвесок изменяются развал; и колея передних и задних колес, при этом положительный развал передних уменьшается (или даже переходит в отрицательный), а задних — увеличивается. Вследствие этого передние шины оказываются в состоянии передать бóльшие боковые силы

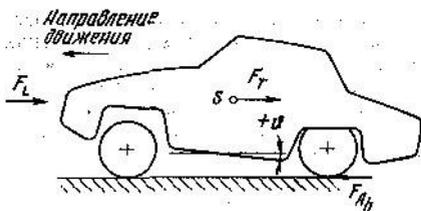


Рис. 1.23. Сила инерции F_T и сила сопротивления воздуха обуславливают продольный крен автомобиля на угол δ за счет небольшого хода отбоя спереди и хода сжатия сзади (особенно при мягкой подвеске). При этом передние колеса могут наклониться в сторону положительного развала, задние — при независимой подвеске — в сторону отрицательного. Тяговая сила F_{Ah} относится здесь к двум колесам

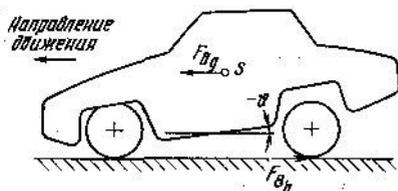


Рис. 1.24. Торможение двигателем при уменьшении подачи топлива вызывает в точках контакта ведущих задних колес силы F_{Bh} , а последние — силу F_{Bg} в центре масс S . Возникшая пара сил приводит к крену кузова: ходу сжатия спереди и ходу отбоя сзади. Передние колеса могут при этом наклониться в сторону отрицательного развала, задние — в сторону положительного. Сила F_{Bh} относится здесь к двум колесам

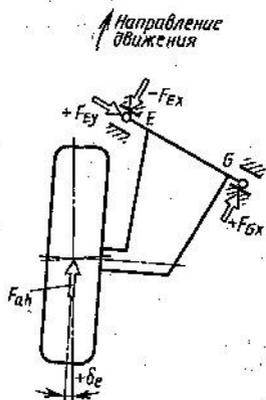


Рис. 1.25. Тяговая сила $F_{ah}=0,5F_{Ah}$ (на одно колесо) вызывает реакции $-F_{Ex}$ и $+F_{Gx}$ в опорах обоих косых рычагов. При деформации резиновых элементов оси косых рычагов с обеих сторон поворачиваются в сторону положительного схождения $+\delta_e$. Более нагруженное наружное заднее колесо повернулось бы при этом в направлении усиления недостаточной поворачиваемости. Действующая здесь еще боковая сила, вызывающая противоположный момент, не показана

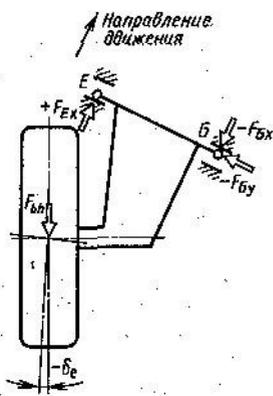


Рис. 1.26. При торможении двигателем сила $F_{bh}=0,5F_{Bh}$ отжимает оба колеса в сторону отрицательного схождения. На наружной стороне это привело бы к усилению избыточной поворачиваемости. Боковая сила (не показана) вызывает в этом случае момент того же направления

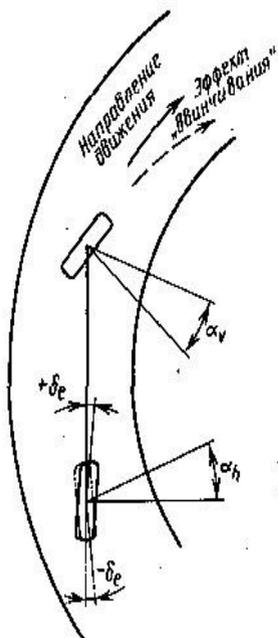


Рис. 1.27. При уменьшении подачи топлива наружное колесо за счет изменения продольной силы отжимается в направлении отрицательного схождения, что приводит к «ввинчиванию» автомобиля в поворот

и угол увода передних колес уменьшается (рис. 1.22). У задних колес, наоборот, угол увода α'_h возрастает, что усиливает избыточную поворачиваемость.

Уменьшение колеи тоже может оказать отрицательное воздействие, если при торможении двигателем задняя часть кузова несколько приподнимается. Опорная база момента крена на повороте уменьшается, поэтому возрастает перераспределение нагрузок по колесам и угол увода a_h увеличивается до α'_h . Незначительный ход сжатия передней подвески при продольном крене едва ли вызовет увеличение

колеи, так как изменение колеи передних колес в большинстве случаев небольшое.

Подвеска на косых рычагах является независимой, каждый рычаг имеет свои опоры на поперечине. Под действием продольных сил резиновые элементы в точках опоры E и G упруго деформируются, при этом тяговая сила F_{ah} может (при повороте) повернуть наружное, более нагруженное колесо в сторону положительного схождения на небольшой угол $+\delta_e$, что благоприятным образом ослабляет тенденцию к избыточной поворачиваемости (рис. 1.25). Если водитель переходит на режим торможения двигателем, вместо тяговой силы F_{ah} появляется тормозная сила F_{bh} (рис. 1.26). Она вызывает в точках опоры E и G противоположно направленные реакции F_x и F_y и поворачивает колесо в сторону отрицательного схождения (рис. 1.27). Это равнозначно мгновенному повороту колеса от центра поворота, т. е. внезапной избыточной поворачиваемости, являющейся реакцией на уменьшение подачи топлива.

1.7. НЕИСПРАВНОСТИ ШАССИ И ВОЗМОЖНЫЕ ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

С 1971 г. Союз работников технического надзора ежегодно выпускает сборник «Аудорепорт», в котором в виде процентных значений обобщены неисправности, обнаруженные при проверке автомобилей. По результатам обследования легковых и комбинированных автомобилей вычисляется среднее значе-

1.2. Доля легковых автомобилей, в которых обнаружены неисправности шасси (в %)

Позиция проверки		Характер неисправности	Срок службы, лет						Последствия
№	Наименование		до 2	2-4	4—6	6—8	8—10	свыше 10	
312	Установка колес	Развал и-(или) схождение не соответствует заводским данным	0,6	0,9	1,1	1,5	1,5	1,3	Повышенный износ шин. Ухудшение устойчивости и управляемости. Неустойчивое движение по прямой
601—604	Рама, несущие элементы	Рама или несущие элементы кузова ослаблены поломкой, трещинами или коррозией. Соединительные заклепки или болты ослаблены или поломаны. Неквалифицированный ремонт	0,1	0,6	6,3	19,9	29,6	30,1	Ненадежность крепления деталей шасси. Невозможность движения в случае поломки
605, 606	Подвески передняя и задняя	Недопустимо большой люфт в шарнирах подвески. Неисправные чехлы шарниров. Разбитые опоры рычагов. Трещины на деталях подвески. Неудовлетворительная затяжка Я стопорение соединений. Механические повреждения, например погнутые рычаги	0,4	1,6	3,6	5,2	6,1	7,5	Опасность поломки или отсоединения важных деталей подвески или рулевого управления. Ухудшение устойчивости и управляемости. Склонность колес к вилянию. Повышенный износ шин. Колебания в рулевом управлении. Дестабилизация направления движения. Невозможность движения при поломке детали

Продолжение табл. 1.2

Позиция проверки		Характер неисправности	Срок службы, лет						Последствия
№	Наименование		до 2	2—1	4—6	6—8	8—10	свыше 10	
607	Подшипники колес передние и задние	Подшипник качения с большим люфтом или дефектный. Износ посадочного гнезда подшипника.	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	Колебания в рулевом управлении. Дестабилизация направления движения. Повышение сопротивления качению. Опасность блокировки колеса. Неравномерный износ шин
613	Балка подвески	Трещины или погнутость	0,0	0,1	0,5	1,1	2,5	3,6	Изменение параметров установки колес. Дестабилизация направления движения. Повышенная нагрузка подшипников и трансмиссионных карданных валов. Невозможность движения при поломке
626	Карданные валы	Люфт и (или) шум	0,0	0,1	0,2	0,6	1,1	1,2	Опасность блокировки. Невозможность самостоятельного движения при поломке. Возможная потеря стабилизации. Воздействие на рулевое управление
627	Карданные валы, чехлы	Чехлы шарниров негерметичны или повреждены	0,5	0,9	1,3	1,4	1,3	1,4	Повышенный износ шарниров (остальное — поз. 626)

ние частоты появления неисправности в зависимости от срока службы автомобиля. Из табл. 1.2 видно, что на автомобилях со сроком службы до 4 лет самыми «слабыми» элементами шасси являются шаровые шарниры подвески (см. разд. 2.3.2). При проверке необходимо также обращать внимание на уплотнительные чехлы и манжеты шарниров трансмиссии (см: разд. 2.4.5). На легковых и комбинированных автомобилях со сроком службы 6 лет и более наибольшая доля неисправностей приходится уже собственно не на шасси, а на несущие части кузова. Коррозия, трещины или некавалифицированный ремонт лонжеронов и поперечин не позволяют надежно передавать силы в местах крепления рычагов, пружин, амортизаторов и других деталей подвески. Длительная или же разовая очень большая нагрузка может привести к поломке, которая, в свою очередь, может вызвать аварию.

Для грузовых автомобилей картина выглядит иначе. В 1977 г. Союз работников технического надзора выпустил сборник «Насколько безопасен Ваш грузовой автомобиль?», в котором результаты обследования классифицированы по полной массе автомобилей и сроку их службы. В табл. 1.3 приведены средние значения в процентах, касающиеся шасси. Для лучшего понимания в строке «Рама, несущие части» данные приведены по отдельным позициям. Легкие грузовые автомобили в большинстве случаев имеют, как и легковые автомобили, несущие кузова. Нагружаемые ходовой частью лонжероны сварены с кузовом и поэтому более подвержены коррозии, чем рамы тяжелых грузовых автомобилей. Дефекты рам обычно проявляются в виде трещин, поломок и неудовлетворительных заклепочных и болтовых соединений.

Грузовые автомобили, как правило, имеют продольные рессоры для подвески неразрезного переднего моста (см. рис. 2.2). В балке этого моста часто разбиваются опоры шкворня (см. поз. 605 в табл. 1.3 и разд. 2.3.1). Происходят также поломки рессорных листов (поз. 609). У заднего моста часто повреждается сама балка либо ломаются листы (поз. 610).

Рулевое управление также относится к шасси. Его неисправности приводятся в [32].

1.8. ИЗМЕНЕНИЯ ШАССИ И РАЗРЕШЕНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Ответ на вопрос о допустимости изменений шасси можно получить в Правилах допуска к эксплуатации (ПДЭ). В параграфе 19 «Выдача и действие разрешения на эксплуатацию» этих правил записано: «Разрешение на эксплуатацию сохраняет свою силу (если оно не изымалось) до окончания эксплуатации транспортного средства при условии, что не заменялись детали с

1.3. Доля грузовых автомобилей, в которых обнаружены неисправности шасси

Позиция проверки		Характер неисправности	Класс автомобилей			
№	Наименование		Легкие (до 3,5 т)			
			Срок			
			до 2	2-4	4—6	св. 6
312	Установка передних колес	Развал и (или) схождение не соответствуют заводским данным	1,1	1,6	1,4	1,9
601	Рама, несущие элементы	Рама или несущие элементы кузова ослаблены поломкой, трещинами или коррозией. Соединительные заклепки и болты ослаблены или поломаны. Неквалифицированный ремонт	*			
602	Коррозия		0,1	0,9	9,6	20,1
603	Заклепки, болты		*			
604	Качество ремонта		0,0	0,1	1,6	4,7
605	Передняя подвеска	Недопустимо большой люфт в шарнирах подвески. Неисправные чехлы шарниров.	1,1	3,5	4,2	7,7
606	Задняя подвеска	Разбитые опоры рычагов. Трещины на деталях подвески. Неудовлетворительная затяжка и стопорение соединений. Механические повреждения, например погнутые рычаги	*			
607	Подшипники колес передние и задние	Подшипник качения с большим люфтом или дефектный. Износ посадочного места подшипника	0,4	0,9	0,9	1,0
	Упругие элементы:	Упругие элементы частично или полностью сломаны либо сильно просели.	*			
609	передние					
610	задние	Стремянки рессор отсутствуют или ослаблены. Установлены измененные упругие элементы	*			
613	Балка подвески	Трещины или погнутость	*			
627	Трансмиссионные валы, чехлы	Чехлы шарниров негерметичны или повреждены	*			

* Данные не приводятся из-за незначительной доли автомобилей

(в %)

по полной массе											
Средние (св. 3,5 до 7,5 т)				Тяжелые (св. 7,5 до 16 т)				Сверхтяжелые (св. 16 т)			
службы, лет											
до 2	2—4	4—6	св. 6	до 2	2—4	4—6	св. 6	до 2	2—4	4—6	св. 6
*				*				*			
*				*				1,1	2,6	4,5	8,6
*				*				*			
*				2,1	3,1	4,0	5,3	4,2	5,5	8,4	12,0
*				*				*			
1,6	4,6	7,3	8,4	0,8	2,7	3,8	3,8	1,5	2,5	4,1	3,5
0,6	1,7	2,1	1,4	1,7	3,3	2,8	1,3	5,9	6,8	11,7	12,1
*	2,4	4,2	5,2	*	2,9	4,6	6,0	*	4,4	5,6	5,3
0,9				1,4				2,2			
1,4	2,3	4,0	6,1	1,7	2,7	3,4	4,6	3,1	4,2	1,0	4,8
0,2	0,9	3,9	5,6	0,2	0,8	3,6	10,0	0,5	1,1	3,2	8,1
*				3,1	4,6	5,4	5,7	6,8	8,6	7,4	6,6

регламентированными характеристиками или детали, влияющие на безопасность других участников движения. В противном случае, если установленные детали не имеют отдельного разрешения на эксплуатацию или свидетельства об омологации, действие которых не зависит от приемки транспортного средства (параграф 22), владелец должен ходатайствовать о выдаче нового разрешения на эксплуатацию, приложив к заявлению заключение государственной экспертизы или контрольного пункта автомобильного транспорта о состоянии транспортного средства». Таким образом, при замене деталей, характеристики которых не регламентированы или выход из строя которых не влияет на безопасность других участников движения, разрешение на эксплуатацию сохраняет свою силу, в том числе и при установке деталей, имеющих разрешение на эксплуатацию (параграф 22) или свидетельство об омологации (параграф 22 а), и отсутствии дополнительного документа о приемке автомобиля с такими деталями. Для облегчения работы экспертов и соответствующих ведомств к параграфу 19 прилагается так называемый «примерный указатель», в котором перечислены детали с регламентированной характеристикой. В этом указателе приведены также наиболее часто встречающиеся изменения и их влияние на действие разрешения на эксплуатацию. В табл. 1.4 (взятой из книги «Изменения в ав-

1.4. Выдержка из примерного указателя, опубликованного министерством транспорта ФРГ 8.08.73 г.

Детали автомобиля	Вид и объем изменения	Утрачивается ли действие разрешения на эксплуатацию	Примечание
1.Ось	1.1. Замена на ось другого типа 1.2. Установка дополнительной оси	Да Да	Изменение деталей, влияющих на безопасность других участников движения (влияние на торможение, устойчивость, поворачиваемость). При необходимости в документацию автомобиля вносятся исправления, связанные с изменением числа осей и осевой нагрузки (параграф 29)
9.Топливный бак	Замена и установка дополнительного	Да	Регламентированная характеристика (параграф 45)
10.Трансмиссия	Изменение передаточного числа	Да	Влияние, например, на показания спидометра (параграф 57), возможно увеличение шума и изменение состава отработавших газов

Детали автомобиля	Вид и объем изменения	Утрачивается ли действие разрешения на эксплуатацию	Примечание
14. Колеса	14.1. Замена на колеса другого типа	Да	Разрешение сохраняет свою силу, если на установленное колесо (например, из легкого сплава) выдано разрешение на эксплуатацию (параграф 22), действие которого не зависит от дополнительной приемки. Такая замена не должна быть связана с расширением колесных ниш и изменениями подвески.
	14.2. Снятие колесных колпаков	Нет	Снятие колпаков не ведет к утрате действия разрешения на эксплуатацию. Однако эксплуатация автомобиля без колпаков колес не допускается, если в результате их снятия открывшиеся детали (колпачок ступицы, болты крепления колеса) выступают настолько, что могут причинить увечье пешеходу при наезде.
	14.4. Изменение развала колес	Да	Любое изменение в кинематике подвески и рулевого управления ведет к утрате действия разрешения на эксплуатацию.
	14.5. Установка проставок	Да	Разрешение на эксплуатацию утрачивает действие если при установке проставок увеличивается колея.
19. Амортизаторы	Замена на амортизаторы другого типа	Нет	Разрешение теряет силу, если при этом заменены детали подвески или может возникнуть опасная для других участников движения ситуация.

томobile и мотоцикле» Союза работников технического надзора Баварии) приведены пункты, касающиеся шасси. Они не включают изменений тормозной системы и рулевого управления, которые указаны в соответствующих книгах. Важными являются следующие пункты:

1. Изменения осей и подвесок автомобиля в любом случае приводят к утрате действия разрешения на эксплуатацию. Это касается не только тяжелых грузовых автомобилей и прицепов к

ним, но и легковых автомобилей. Для улучшения ходовых характеристик иногда на автомобиле устанавливают более жесткие пружины, амортизаторы с пружиной или пружинные стойки см. рис. 1.8). При таком переоснащении должны безусловно соблюдаться законодательные предписания, указанные в табл. 1.4. Другие подробности рассматриваются в [30].

9. Замена топливного бака на бак другой конструкции, а также установка дополнительного бака ведет к утрате действия разрешения на эксплуатацию.

10. Изменения передаточного отношения между двигателем и ведущими колесами в любом случае приводят к утрате действия разрешения на эксплуатацию. Это может быть связано как с установкой коробки передач с другими передаточными числами, так и изменениями передаточного числа главной передачи. Такие изменения вносятся, помимо спортивных, в автомобили, которые постоянно эксплуатируются в условиях пересеченной местности. Получить разрешение в этом случае довольно сложно, так как эксперты будут не только оценивать правильность показаний спидометра, но и проверять, не повлияло ли это изменение на состав отработавших газов и шумность автомобиля.

14. Все подробности, касающиеся колес, можно найти в [30]. Для шасси важно, чтобы не была изменена кинематика подвески, не ухудшилось охлаждение тормозов, а основание борта шины сильно не нагревалось тормозным диском и оставался неизменным вылет колеса e (рис. 1.28). Его уменьшение приводит к увеличению плеча обкатки. На автомобилях с диагональной схемой тормозных контуров и антиблокировочными системами такое изменение может иметь неприятные последствия. Для установки шин, отличающихся от указанных в документах на автомобиль,

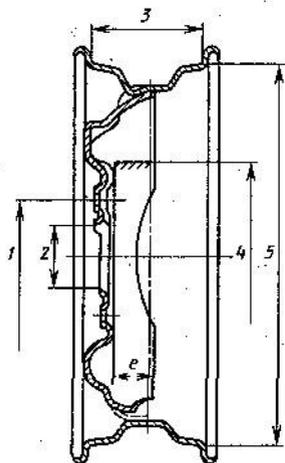


Рис. 1.28. Колесо легкового автомобиля, состоящее из обода и приваренного диска. Чем больше диаметр расположения отверстий, тем меньше напряжение в крепежных отверстиях. При уменьшении вылета e предусмотренное заводом положительное плечо обкатки увеличивается, а отрицательное — уменьшается и может перейти в положительное: 1—число и диаметр расположения отверстий; 2—диаметр центрального отверстия; 3—ширина профиля обода; 4—диаметр фланца; 5—диаметр обода (посадочный)

нужно предварительно получить разрешение изготовителя автомобиля.

19. Что касается замены амортизаторов, то здесь законодательство удивительно великодушно.

Амортизаторы нередко оснащаются буфером отбоя и дополнительным упругим элементом, выполняя и функцию ограничителя ходов подвески (см. рис. 5.10), причем снаружи это может быть незаметно. Замена опробованных и рекомендованных заводом серийных амортизаторов на другие может иметь неприятные последствия. Преждевременное разрушение буферов ведет к разгерметизации амортизатора или увеличению хода подвески по сравнению с заводскими данными. В результате этого возрастают углы изгиба в шарнирах равных угловых скоростей и углы отклонения в шарнирах подвески и рулевого привода, натягиваются тормозные шланги и т. д. Безопасность движения автомобиля в этом случае будет поставлена под вопрос, не исключена и авария.

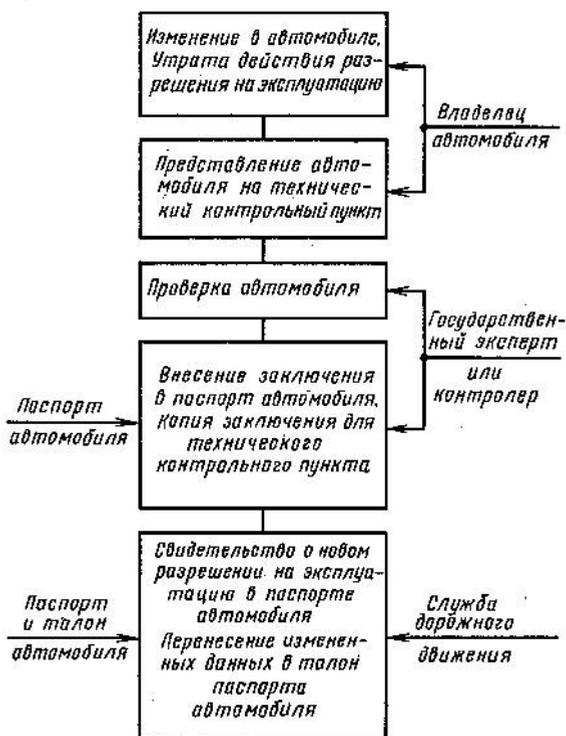


Рис. 1.29. Схема действий владельца автомобиля с целью внесения новых данных в документацию

В принципе, однако, должны заменяться оба амортизатора одной осью. Более подробно этот вопрос рассматривается в [30].

Внесенное изменение, противоречащее законодательству по нижеприведенной схеме подлежит отдельной приемке в Союзе работников технического надзора с последующим отражением в документации автомобиля. В противном случае разрешение на эксплуатацию теряет свое действие, автомобиль нельзя использовать, и страховые обязательства утрачивают свою силу. Авария, происшедшая с таким автомобилем, может иметь тяжелые финансовые последствия.

Схема действий владельца автомобиля с целью внесения новых данных в документацию после проведенного изменения для сохранения разрешения на эксплуатацию и страховых обязательств приведена на рис. 1.29.