

Г.И.ГЛАДОВ, А.М.ПЕТРЕНКО

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЕЙ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

Федеральным государственным автономным учреждением

«Федеральный институт развития образования»

в качестве учебника для использования

в учебном процессе образовательных учреждений,

реализующих программы начального профессионального

образования по профессии «Автомеханик»,

ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта»

Регистрационный номер рецензии 421

от 12 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»

6-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2017

УДК 629.113/.115(075.32)
ББК 39.33я722
Г522

Рецензент —
преподаватель специальных дисциплин высшей категории ГОУ СПО
«Колледж автомобильного транспорта № 9», г. Москва,
почетный работник начального профессионального образования
Российской Федерации *В.Н.Корнева*

Гладов Г. И.
Г522 Устройство автомобилей : учебник для студ. учреждений
сред. проф. образования / Г. И. Гладов, А. М. Петренко. —
6-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия»,
2017. — 352 с.

ISBN 978-5-4468-5501-8

Рассмотрено устройство современных отечественных и иностранных легковых автомобилей: системы впрыска топлива, двигатели, работающие на газовом топливе, гибридные силовые установки, электрический тяговый привод, дифференциалы типа «Торсен», электроусилители рулевого управления, навигационные системы и др.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» (МДК.01.02) по профессии «Автомеханик».

К данному учебнику выпущено электронное приложение «Устройство автомобилей».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезен широкому кругу автолюбителей.

УДК 629.113/.115(075.32)
ББК 39.33я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-4468-5501-8

© Гладов Г. И., Петренко А. М., 2012
© Петренко В. А. (наследник Петренко А. М.), 2015
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии «Автомеханик».

Учебник предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» (МДК.01.02).

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включены терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Социально-экономическое развитие мирового сообщества определяет интенсивное развитие современных видов транспорта, в числе которых ведущее место занимает автомобильный транспорт.

Интересна история автомобилестроения. Во всем мире момент создания первого автомобиля — годом его «рождения» — официально признан 1886 г., когда Карл Бенц и Готлиб Даймлер независимо друг от друга изобрели и изготовили первые образцы своих автомобилей. Однако история создания прообраза автомобиля началась значительно раньше.

1752 г. — крестьянин Нижегородской губернии Леонтий Шамшуренков строит «самобеглую» коляску, приводимую в движение двумя едущими на ней людьми. 1769—1770 гг. — французским инженером Н.-Ж. Кюньо создана первая паровая повозка, на которой используется тепловая машина. Подобная машина была построена на Алтае пятью годами раньше М. М. Ползуновым.

1770—1780 гг. — в Англии изобретатель У. Мердок, а позднее также Р. Тривик работают над повозками, снабженными паровыми машинами высокого давления.

1784—1791 гг. — знаменитый русский механик И. П. Кулибин разрабатывает самокатки с педальным приводом на три-четыре колеса.

В 1791 г. И. П. Кулибин построил трехколесную «самокатку», где впервые применены такие элементы автомобиля, как коробка передач, рулевой механизм, тормоза, роликовые подшипники.

1802 г. — Р. Тривик построил большую паровую повозку, которую можно считать первым паровым автомобилем.

1816 г. — в Германии Г. Лангеншпергер разработал конструкцию передних управляемых колес на цапфах.

1830 г. — петербургский мастер К. Янкович разработал проект введения в России «быстрокатов» для скоростного движения. Паровые машины с трубчатым котлом, имевшим более ста железных дымогарных трубок, были предложены для автомобиля впервые.

1836—1837 гг. — изобретатель и предприниматель В.П.Гурьев выдвинул проект создания обширной сети деревянных дорог с установлением по ним регулярного движения паровых автомобилей.

1836 г. — русский изобретатель Н.Д. Лундышев представил проект об учреждении акционерного общества для перевозки грузов посредством паровых автомашин.

1845 г. — английский купец Р.Томпсон изобрел пневматическую шину.

1862 г. — французский механик Ж.Ленуар попытался установить на автомобиле изобретенный им газовый двигатель.

1867 г. — житель Кельна Н.А.Отто усовершенствовал машину Ленуара, создав четырехтактный двигатель, работающий на светильном газе.

80-е гг. XIX в. — производятся опыты по созданию электрических автомобилей с питанием от аккумуляторных батарей.

1879 г. — в России инженер О.С.Костовач впервые в мире спроектировал легкий бензиновый транспортный двигатель.

1885—1886 гг. — немецкий конструктор Г.Даймлер установил бензиновый двигатель на мотоцикле, а его соотечественник К.Бенц — на трехколесной повозке. Затем последовал «Моторкутче» Г.Даймлера — переделанный из конной брички самоходный экипаж, который имел более мощный, чем у коляски К.Бенца, одноцилиндровый двигатель (1,5 л. с. при частоте вращения 700 мин^{-1}) и развивал скорость 16 км/ч.

К.Бенц, разработав удачную конструкцию одноцилиндрового четырехтактного бензинового двигателя с горизонтально расположенным цилиндром, все дальнейшие усилия направил на создание специального моторного транспортного средства для передвижения по дорогам.

Честь создания классической конструкции автомобиля — с двигателем спереди и ведущими задними колесами — принадлежит французам Рене Панару и Эмилю Левассору. Французы первыми оценили транспортные новшества, появившиеся в Германии. В 1891 г. появляется автомобиль с двигателем Даймлера впереди и ведущими задними колесами — знаменитый «Панар Левассор-4CV», конструкция которого оказалась настолько удачной, что без особых изменений он выпускался до 1896 г.

Даймлер взял патент на двигатель с воспламенением от сжатия с использованием калильной трубки. У двигателя Даймлера степень сжатия была ничтожно мала — всего 2,61, но этого было вполне достаточно для воспламенения горючей смеси при ее соприкоснове-

нии с калильной трубкой при сжатии. Этот двигатель при рабочем объеме 462 см^3 развивал мощность $1,1 \text{ л. с.}$ при 680 мин^{-1} .

В 1889 г. появился первый двухцилиндровый двигатель Даймлера с V-образным расположением цилиндров под углом всего 17° . По конструкции он был точно такой же, как и одноцилиндровый. Этот двигатель развивал мощность уже $1,67 \text{ л. с.}$ при 1000 мин^{-1} .

В 1891 г. строят свой автомобиль швейцарцы братья Анрио, в 1892 г. — Генри Форд, в 1893 г. — американец Чарлз Дюри. Англичанин Ф. Ланчестер создал первый автомобиль в 1895 г.

В 1896 г. на Всероссийской промышленной выставке в Нижнем Новгороде был выставлен первый русский автомобиль, сконструированный Е.А.Яковлевым и П.А.Фрезе. Он представлял собой обыкновенный двухместный экипаж типа «фаэтон» с горизонтальным одноцилиндровым двигателем. Его конструкция не отличалась сложностью: зажигание осуществлялось от батареи сухих элементов, а карбюратор был простейшего, испарительного типа. При рабочем объеме примерно 860 см^3 мотор Яковлева развивал мощность $1,5 \dots 2 \text{ л. с.}$ Машина Яковлева и Фрезе весила 300 кг , ее оборудование включало в себя складной кожаный верх, два керосиновых фонаря и сигнальный рожок с резиновой грушей. Несмотря на маломощный мотор, она могла развивать скорость до 20 верст в час , а запаса горючего (лигроина) хватало на 200 верст пути (примерно 214 км).

В 1895 г. Роберт Бош создает зажигание от магнето, в 1896 г. французы братья Мишлен начинают производство съёмных пневматических шин.

В 1897 г. Р. Бош создает более совершенную систему зажигания с прерывателем, что позволяет конструкторам создать высокооборотные двигатели.

В 1898 г. Луи Рено строит автомобиль с прямой передачей в коробке передач и карданной передачей (вместо цепной) к заднему мосту. Затем применяет рулевое колесо (правда, еще не наклонное), пневматические (а не массивные) шины. На одной из следующих, уже серийных своих машин он ставит полностью закрытый кузов.

В 1899 г. Вильгельм Майбах и независимо от него венгерский инженер Донат Банки создают жиклерный карбюратор. Это изобретение стало этапным для моторостроения.

В тоже время русский инженер И.В.Романов разработал конструкции электрических автомобилей разного назначения. В 1901 г. построенные им двухместные электроизвозчик и электробус проходят официальные испытания в Петербурге.

На рубеже веков, в 1900 г. В.Майбах конструирует первый «Мерседес». Автомобиль с двигателем в 35 л. с. имел цепную передачу к задним колесам — при такой большой мощности применение кардана казалось ненадежным.

В конце XIX — начале XX в. талантливый русский конструктор Б.Луцкой создает двигатели внутреннего сгорания мощностью 50...600 л. с., а в 1901 г. он спроектировал грузовую «автотелегу» — первый отечественный грузовик.

В 1908 г. Г.Форд начал в Америке конвейерную сборку автомобилей.

В совершенствовании автомобиля важнейшее место занимало моторостроение. Особенно быстро росла мощность двигателей спортивных машин в 1905 г. — был пройден 100-сильный рубеж, в 1908 г. — 150-сильный. Стандартной стала схема с одним распределительным валом и вертикально стоящими впускными и выпускными так называемыми нижними клапанами, ставшая основной на последующие 50 лет. Росло число цилиндров. В 1907 г. появились серийные автомобили «Нэпир», «Роллс-Ройс», «Хорьх» с шестицилиндровыми двигателями, а фирма «Де-Дион-Бутон» в 1913 г. построила один из первых V-образных восьмицилиндровых двигателей.

Развитие массового производства автомобилей показало, что наиболее трудоемкой частью нового вида транспорта является кузов. Его изготовление требовало большого количества ручного труда. Переломным моментом в истории автомобильных кузовов стал 1928 г., когда фирма «Бадд» (США) применила патент на цельнометаллический кузов из крупных штампованных деталей, содержащих оконные и дверные проемы. Штамповка всех элементов кузова из листовой стали позволила исключить дорогие ручные операции и уменьшить количество деталей и соединений.

На рубеже 1930-х гг. было усовершенствовано также соединение штампованных деталей кузова в промышленных масштабах контактной электрической сваркой. Это сделало кузова не только более дешевыми, но и более долговечными и ремонтпригодными.

В третьем десятилетии XX в. в конструкцию автомобиля вошло многое из того, чем пользуемся по сей день: левое расположение рулевой колонки; рычаг переключения передач в салоне на крышке коробки передач; компрессор для надува; двухнитевые (для дальнего и ближнего света) лампы; стеклоочистители с механическим или пневматическим приводом; регулируемые передние сиденья; подвеска двигателя на эластичных подушках вместо жесткого крепления; гидравлический привод тормозов всех колес;

шины низкого давления с каркасом покрышки из кордовой ткани; шарниры равных угловых скоростей для привода управляемых колес; автомобильные радиоприемники.

В середине 1930-х гг. началось производство автомобилей с несущими кузовами, которые стали более прочными вследствие большей жесткости кузова, технологичными благодаря меньшему числу деталей и сборочных операций, а также экономичными из-за снижения массы и выравнивания долговечности несущих элементов. Конструкция несущего кузова «Ситроен» модели «Траксьон-авант» («передний привод») заслуживает почетного места в истории кузовов. Она получилась жесткой и прочной и выпускалась свыше 20 лет.

Следующей массовой моделью с несущим кузовом стал «Опель Олимпия», освоенный в 1935 г. Безрамные конструкции автомобилей вынудили сторонников рам пойти на усовершенствования. Чтобы повысить жесткость на кручение, были созданы хребтовые рамы с центральной трубчатой или коробчатой балкой. Их можно было встретить на довоенных автомобилях НАМИ-1 (СССР, 1927), «Шкода-Популяр» (Чехословакия, 1937), «Мерседес-Бенц-130» (Германия, 1934).

Позже в конструкцию рамы была введена Х-образная поперечина, которая также резко увеличила жесткость на кручение. Пример тому — модель ГАЗ-М1 (СССР, 1936) и все довоенные американские легковые автомобили.

Ряд немецких фирм («Адлер», «Ганомег» и др.) стали применять так называемую раму-коробку, представляющую собой несущее днище кузова с приваренными к нему лонжеронами и поперечинами коробчатого сечения. Наиболее отработанной несущей конструкцией такого типа можно считать разработанную Фердинандом Порше для своего «Фольксвагена» комбинированную систему, состоящую из центрального коробчатого лонжерона, разветвляющегося сзади в вилку для крепления двигателя, и приваренного к нему днища. Ф. Порше, «отец» «Фольксвагена-жука», создал два варианта кузова: деревянно-металлический и цельнометаллический — тип 3. Это был двухдверный четырехместный заднеприводный седан с обтекаемым кузовом, четырехцилиндровым оппозитным двигателем воздушного охлаждения и независимой подвеской всех колес на торсионах (двигатель рабочим объемом 985 см³ развивал мощность 22,5 л. с. при 3 200 мин⁻¹).

Американской фирме «Олдсмобил» принадлежит первенство в создании и начале выпуска автоматических коробок передач. Появившаяся в 1938 г. четырехступенчатая планетарная «Гидрама-

тик» резко повысила продажи «Олдсмобилей». Но только в 1948 г. появившаяся на автомобилях «Бюик» автоматическая трансмиссия «Дайнафлоу» обеспечила мягкое, без рывков, переключение передач.

В середине 1930-х гг. впервые в истории автомобилестроения в Германии были выпущены серийные дизельные легковые автомобили — «Ганомат Рекорд Дизель» и «Мерседес-Бенц-200 D».

В эти же годы было начато производство переднеприводных автомобилей. Наиболее передовой конструкцией был «Ситроен» модели «Траксьон-авант» (7CV). Английский автоисторик Михайель Седжвик назвал его «автомобилем десятилетия». Автомобиль разрабатывался по следующей формуле: максимальная скорость 100 км/ч, расход топлива 10 л на 100 км пути. Специально для нового автомобиля конструктор Морис Сентурат разработал четырехцилиндровый двигатель с мокрыми гильзами. Двигатель получился настолько удачным, что в серии отказались от датчиков давления масла и температуры охлаждающей жидкости. Первоначально он развивал мощность 32 л. с. при рабочем объеме 1 300 см³, но вскоре была разработана 46-сильная модификация рабочим объемом 1 911 см³, остававшаяся в производстве до середины 1950-х гг.

В СССР во второй половине 1930-х гг. выпускалась знаменитая «Эмка» — автомобиль среднего класса ГАЗ-М1. Новый автомобиль, пришедший на смену лицензионному «Форду» (ГАЗ-А), имел закрытый современный кузов, увеличенную базу, более прочную раму, улучшенную подвеску. Двигатель развивал мощность 50 л. с. (против 40 л. с. у ГАЗ-А); у него были улучшенная система смазывания, усовершенствованный карбюратор, распределитель зажигания, новый воздушный фильтр, бензонасос. На ГАЗ-М1 стояла новая коробка передач с шестернями постоянного зацепления и зубчатыми муфтами легкого включения второй и третьей передач, которая в основе своей после модернизации применялась до конца 1958 г. на «Победе». Машина развивала скорость 100... 108 км/ч и расходовала на шоссе примерно 13 л бензина А-56 на 100 км пути. «Эмка» и «Траксьон-авант» в 1930-е гг. представляли собой два противоположных полюса — консервативный и авангардистский, но все же они имели сходный внешний вид.

Аэродинамика автомобиля стала объектом научно-технических исследований благодаря работам немецкого инженера и авиаконструктора Эдмунда Румплера. Его каплевидные автомобили, строившиеся в начале 1920-х гг., по форме кузова приближались к пропорциям капли (диаметр относится к длине как 1:6), считающейся идеально обтекаемым телом. Увы, автомобили Румплера успеха не

имели ни у покупателей, ни в качестве такси, и почти все они были куплены киностудией и уничтожены во время съемок фантастического фильма (сохранилось два экземпляра). Тем не менее каплевидные кузова эпизодически строились для спортивных автомобилей и каждый раз доказывали преимущество своей формы перед обычной. Первым облек серийный автомобиль в аэродинамические формы чешский конструктор Ганс Ледвинка, сконструировавший в 1934 г. первую обтекаемую «Татру» модели 77. Каплевидная форма отлично сочеталась с заднемоторной компоновкой. Автомобиль массой 2 000 кг и мощностью восьмицилиндрового трехлитрового двигателя всего 75 л. с. развивал скорость до 160 км/ч, расходуя 14 л горючего на 100 км пути, в то время как аналогичные автомобили развивали максимум 120...130 км/ч при расходе бензина 17...18 л на 100 км.

Дальнейшее развитие автомобильной аэродинамики связано с работами Пауля Ярая. Он уже не копировал каплю — строившиеся в 1930-е гг. по его патентам автомобильные кузова были «хвостатыми»: задняя часть кузова сужалась, линия крыши плавно опускалась вниз, переходя в длинный и плоский «хвост» наподобие утиного. В конце 1930-х гг. появились новые модели серийных автомобилей с улучшенной аэродинамикой: «Адлер Штрормформ», «Ганомат-1,3», «Линкольн Зефир» и др. Открытие профессора Высшей технической школы в Штутгарте Вунибальда Камма позволило в 1938 г. построить опытные образцы обтекаемых кузовов, которые как будто следовали идеям Румплера о каплеобразной форме, но с радикальным отличием — Камм отрезал неудобный и мешавший конструкторам (и потребителям) «хвост», и оказалось, что такой кузов с вертикальной задней стенкой обладает не худшими аэродинамическими качествами. Развитие идей Камма и привело к сегодняшней стандартной форме двухобъемных кузовов. Двухобъемным был и кузов нового советского среднелитражного автомобиля М20, названного звучным именем «Победа». В 1946 г. пятиместный автомобиль с новым четырехцилиндровым двигателем объемом 2 120 см³ и мощностью 52 л. с. при 3 600 мин⁻¹ был, пожалуй, единственной, действительно новой и передовой конструкцией в то время.

«Победа» ознаменовала большой шаг вперед в части удобства пользования по сравнению с предшественницей «Эмкой». Уже то, что в «Победе» имелась система обогрева салона и обдува ветрового стекла, избавляло от необходимости зимой ездить с открытым окном, как на «Эмке», где при закрытых окнах стекла немедленно обмерзали.

Образцом современного в послевоенный период автомобиля стал упомянутый раньше немецкий «Фольксваген». Большинство конструкторов массовых автомобилей того времени копировали его концепцию или пытались его превзойти.

Наряду с небольшими массовыми автомобилями появились и совершенно новые автомобили среднего класса. Многие из них были традиционной конструкции, но ряд из них стали своего рода ориентирами будущего. На Парижском автосалоне 1955 г. наибольшее внимание привлек «Ситроен» модели DS-19. Кстати, индекс DS при произнесении созвучен французскому слову *diesse*, которое переводится как «богиня». Длинный, низкий, подчеркнуто обтекаемый, переднеприводный, он был собран прямо-таки из новинок техники и технологии. Автомобиль не имел даже намека на традиционную облицовку передка — лишь две щели в бампере показывали, куда попадает охлаждающий воздух. Покатая, плавно переходящая в заднее стекло крыша была сформована из одного листа пластмассы. Все внешние панели крепились на болтах к каркасу автомобиля и рамам дверей. Четырехцилиндровый двигатель мощностью 75 л. с. при 4 500 мин⁻¹ соединялся с четырехступенчатой автоматической коробкой передач. Тормозная система впервые на серийном автомобиле имела передние дисковые тормоза. Но самым удивительным в новом «Ситроене» была подвеска — регулируемая пневмогидравлическая. Упругий элемент в этой системе — сжатая в сферической камере газовая смесь. Камера эластичной мембраной разделена на две полости: сверху — газовая смесь, снизу — жидкость, давление в которой поддерживается специальным насосом с приводом от двигателя. Нижняя полость сообщается с цилиндрической стойкой, внутри которой находится поршень, опирающийся на рычаг подвески колеса. При движении рычаг перемещается, одновременно передвигая поршень. Чем больше ход поршня, тем больше сжимается газовая смесь в камере и тем жестче становится подвеска, так как она имеет нелинейную характеристику. Так как газовые камеры всех колес соединены между собой, то при наезде на препятствие одного колеса давление повышается в цилиндрах подвески всех колес — значит, жесткость подвески изменяется одинаково для всех колес.

Закат «эры заднемоторных» автомобилей начался в 1959 г., за год до того, как начал выпускаться первый советский заднемоторный автомобиль ЗАЗ-965 «Запорожец».

Новый период связан с запуском в серию «Мини» — под этим названием известен малогабаритный (длиной всего 3,1 м) микролитражный автомобиль, спроектированный Алеком Исигонисом

и выпускаемый до 2000 г. в Великобритании. А. Иссигонис исходил из принципа, что главное для легкового автомобиля — пассажирский салон, поэтому он отвел ему 80 % длины, а оставшиеся 20 % — двигателю и другим агрегатам. Чтобы при трехметровой длине салон был вместительным, двигатель (четырёхцилиндровый, 993 см³, 38 л. с. при 5 250 мин⁻¹) пришлось поставить поперек. Но Иссигонис в отличие от предшественников поставил его спереди автомобиля да еще и радиатор сдвинул назад и влево, поставив его рядом с блоком цилиндров. Спустя несколько лет многие фирмы стали заменять свои заднемоторные модели на новые, подражая «Мини».

На автомобилях среднего класса, таких, как «Мерседес-Бенц», «Опель Капитан», «Пежо-403» и спортивных седанах «Альфа Ромео», «Вольво Амазон», «БМВ-1500» появились передние дисковые тормоза, кузова с энергопоглощающими бамперами.

В моторостроении следует отметить явно наметившийся в 1960-е гг. переход на двигатели с распределительным валом в головке блока. Благодаря этому они могли работать на больших оборотах и были мощнее, чем их предшественники со штанговым приводом клапанов. И еще одно серьезное новшество пошло в серию — системы впрыскивания топлива на бензиновых двигателях. Тогда же появилось и другое важное изобретение — антиблокировочная тормозная система. Ее принцип — регулировать давление в тормозном цилиндре каждого колеса отдельно и так, чтобы не дать ни одному из них перестать вращаться — ведь известно, что самое эффективное торможение происходит тогда, когда все колеса чуть проворачиваются на грани юза.

Для СССР 1960-е гг. ознаменовались серийным выпуском «Москвича-408». Однако возможности АЗЛК (тогда МЗМА) по выпуску «Москвичей» были ограничены, и было решено строить новый современный завод малолитражных автомобилей. В 1968 г. заработал конвейер ижевского автозавода, начавшего выпуск «Москвичей-412» с современным 75-сильным двигателем, а на Волге развернулась грандиозная стройка автозавода по производству малолитражек по лицензии итальянского автомобиля «Фиат-124». Волжский автомобильный завод первые тысячи автомобилей выпустил в 1970 г., и они быстро покорили сердца наших автомобилистов динамичностью, надежностью, качеством изготовления, отделкой. Отличный двигатель с распределительным валом в головке блока цилиндров, шасси с подвеской всех колес на цилиндрических спиральных пружинах, удобный салон и вместительный багажник. Можно смело утверждать, что ВАЗ-2101 в момент

своего появления представлял собой лучшую из компоновки массового малолитражного автомобиля классической концепции. По ряду параметров и по конструкции двигателя он даже превосходил свой прототип — «Фиат-124». Но главным было то, что СССР получил современный автозавод производительностью 660 тыс. автомобилей в год. Такие масштабы производства потребовали создания и настоящей сети автосервиса: станций технического обслуживания, станций гарантийного ремонта, автоцентров по продаже и обслуживанию автомобилей.

В Западной Европе и Японии в это время завершался переход на массовое производство переднеприводных моделей. Концерн «Фольксваген» в течение нескольких лет освоил целую гамму современных переднеприводных автомобилей — маленький «Поло», средний «Гольф», большой «Пассат» и спортивный «Сирокко».

Во второй половине XX в. началось всеохватывающее увлечение западноевропейских и японских автомобильных фирм полноприводными автомобилями. Честь постройки первых автомобилей со всеми ведущими колесами принадлежит ныне не существующей голландской фирме «Спийкер». Позднее полноприводные спортивные автомобили строил американец Гарри Миллер для знаменитых гонок «500 миль Индианополиса». Новые конструктивные решения способствуют совершенствованию конструкции полноприводных автомобилей: вязкостная муфта (вискомуфта), дифференциал «Квайф» и червячный дифференциал «Торсен» (США). Они призваны не допускать пробуксовки колес. Вискомуфта служит как бы межосевым дифференциалом. В герметичном корпусе, заполненном силиконовой жидкостью, размещены пакеты пластин — одни из них закреплены в корпусе, другие насажены на шлицы ведомого вала. Сам корпус одним концом надет на шлицы вала. Пока разница скоростей вращения ведущего (т. е. корпуса сцепления) и ведомого валов невелика, пластины в жидкости свободно вращаются относительно друг друга. Но при увеличении скорости взаимного перемещения трение между пластинами возрастает настолько (за счет особенностей жидкости), что валы полностью блокируются, а их скорости выравниваются. В отличие от обычного дифференциала в дифференциале «Квайф» шестерни сателлитов выполнены с винтовым зубом. Когда одно из ведущих колес начинает проскальзывать относительно другого, за счет сил трения сателлитов о корпус дифференциала происходит перераспределение крутящих моментов на полуосях, т. е. блокировка дифференциала. Дифференциал «Торсен» монтируется в главной передаче. Привычные конические сателлиты заменены в

нем на червячные, имеющие свойство самоблокироваться. При буксовании одного из колес дифференциал автоматически блокируется, обеспечивая вращение обоих колес.

Систематическая и целенаправленная работа над повышением пассивной безопасности автомобиля началась в начале 1960-х гг. Одним из первых решений, направленных на повышение пассивной безопасности, было применение безопасного закаленного стекла, которое при аварии раскалывалось на множество мелких неострых осколков, не могущих никому причинить вреда. Далее — рулевое колесо. Многие десятилетия использовалась стандартная конструкция — рулевое колесо с расположенными в его плоскости тремя или четырьмя спицами насаживалось ступицей на шлицы рулевого вала и закреплялось гайкой, которая закрывалась декоративной пробкой или кнопкой звукового сигнала. Первое, что сделали конструкторы в начале 1960-х гг., было смещение вниз ступицы рулевого колеса. Также было установлено, что рулевое колесо безопасной конструкции должно иметь две спицы, причем расположенные не диаметрально противоположно, а под углом $140 \dots 160^\circ$. Кроме того, они должны быть наклонены к плоскости обода на угол не менее 20° . Теперь — компоновка кузова. Например, «Ауди-80» выпуска 1987 г. серийно оборудован системой пассивной безопасности «Прокон-тен» (Prokon-ten). Ее назначение — смягчать последствия аварии, если автомобиль столкнется с препятствием или другим автомобилем. Как известно, все современные автомобили конструируются так, чтобы пассажирский салон был максимально жестким, а отсек двигателя и багажник достаточно легко поддавались деформации во время столкновения. Помимо того, двигатель от удара должен скользить назад и вниз, рулевая колонка — деформироваться. В этом случае пристегнутые ремнями безопасности водитель и пассажиры имеют немало шансов остаться живыми и даже не получить ранений. Система «Прокон-тен» как раз и использует эту современную особенность автомобиля — двигатель во время аварии скользит назад. Для этого автомобиль должен быть специально спроектирован так, чтобы при ударе передняя (или задняя) часть сминалась, поглощая и постепенно гася энергию удара, а салон оставался целым и даже не деформированным. Работы начались в начале 1960-х гг. в фирмах «Даймлер-Бенц» и «Вольво».

Конструирование современных автомобильных кузовов невозможно без применения ЭВМ. Долголетние поиски позволили получить программы конструирования и испытания автомобилей ... на экране дисплея. ЭВМ, рассчитавшая прочность отдельных элемен-

тов кузова, способна «показать», как они будут деформироваться, если к ним приложить силы, в виде графического рисунка на экране дисплея, причем не статичного, а изменяющегося, как в замедленном кино. В результате применения при конструировании метода «конечных элементов» (на которые условно с помощью ЭВМ делят весь кузов) несущий кузов получается легче, технологичнее и одновременно прочнее.

Дорожные условия во многих случаях таковы, что требуют от водителя полной концентрации на движении, и отвлекаться даже на контроль приборов порой некогда. Поэтому ряд фирм уже предложили, а «Рено» и «Остин» в 1983 г. стали серийно оснащать автомобили синтезаторами речи (модели соответственно «Электроник» и «Маэстро»). Управляемый микропроцессором синтезатор речи информирует и советует, что делать: «Просим застегнуть ремень» или «Внимание, падает давление масла, немедленно остановитесь, проверьте его уровень и продолжайте движение, лишь долив его в картер».

В ряде стран разработаны информационные системы, помогающие водителю ориентироваться в дорожной обстановке. Водитель, нажатием нескольких кнопок, набирает код места, куда ему надо добраться, и микропроцессор становится своеобразным гидом, показывая на экране дисплея, где ехать прямо, где свернуть, притом напоминая водителю о действующих на проезжаемой трассе ограничениях движения. В последних образцах таких систем микропроцессор ориентируется не по встроенным в проезжую часть датчикам системы информации, а выходя на связь с находящимся над территорией космическим спутником (системы ГЛОНАС/GPS).

В настоящее время большое внимание уделяется производству автомобилей с гибридным двигателем, электро- и аэромобилей. Автомобиль с гибридным двигателем оснащен двумя видами двигателей, которые могут работать как совместно, так и попеременно: двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем. Электромобиль работает полностью на электроэнергии, получая питание от аккумуляторных батарей.

Аэромобиль — транспортное средство, выполненное на базе автомобиля с возможностью осуществления полетного режима в процессе движения для преодоления различных препятствий на дороге и местности (пробки на дорогах, места с ДТП, разрушенные и заводненные участки дороги и др.). К достоинствам аэромобиля следует отнести прежде всего то, что для взлета и посадки ему не требуется дорогостоящая взлетно-посадочная полоса и специально оснащенные наземные службы. В нашей стране ведутся

также работы по созданию аэромобилей, первым из которых стал аэромобиль с горизонтальным взлетом нормальной самолетной схемы «Ларк-4», массой 700 кг, мощностью порядка 400 кВт и скоростью от 43 до 750 км/ч. Образцы аэромобилей с вертикальным взлетом созданы в США, Израиле и Японии. Их масса находится в диапазоне 400...2 500 кг, мощность от 100 до 1 700 кВт, а скорость 75...600 км/ч.

Конструкции аэромобилей разнообразны. Например, конструкция, выполненная в виде двух стоек, расположенных по обеим бокам машины, имеющих возможность поворота в вертикальной плоскости и снабженных набором аэродинамических элементов, участвующих в создании подъемной силы. В некоторых конструкциях с целью уменьшения габаритных размеров автомобиля крылья располагают вдоль корпуса, а при подготовке к полетному режиму разворачивают в поперечном направлении под взлетным углом атаки. Неудобство аэромобилей с раскладывающимися крыльями заключается в трудности (а в ряде случаев и невозможности) раскрытия крыльев в дорожном потоке автомашин. Следует вспомнить и такой вид транспорта как аэросани, созданные в СССР в прошлом веке (1930—1940 гг.) и применявшиеся в северных районах.

СИЛОВАЯ УСТАНОВКА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

1.1. ВИДЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Механическая энергия, необходимая для движения автомашины, перевозки пассажиров и транспортировки грузов по различным дорогам с наибольшей средней скоростью, создается силовой установкой, состоящей из двигателя — основного источника механической энергии и различных механизмов и систем, обеспечивающих необходимый режим работы двигателя и требуемый характер движения автомобиля.

Двигатель — устройство, преобразующее любой вид энергии в механическую работу. В легковых автомобилях широкое применение нашли **поршневые двигатели внутреннего сгорания** (ДВС). Работа двигателя основана на преобразовании тепловой энергии, образующейся при горении топливовоздушной смеси, в механическую работу, необходимую для движения машины.

В применяемых на автомобилях ДВС поршень может совершать как поступательное перемещение, так и вращательное движение (**роторно-поршневые двигатели**). Однако, роторные двигатели (в основном используемые на некоторых автомобилях японского производства), несмотря на небольшую массу и размеры, имеют низкие экономические показатели и не нашли широкого применения.

Двигатели современных автомобилей стали более экономичными, что привело к значительному уменьшению вредных выбросов, т.е. двигатели стали более экологически чистыми. Начали применяться альтернативные виды топлив, что также позволило снизить выброс в атмосферу вредных веществ с выхлопом. Широкое по-

всеместное использование получили **газовые двигатели**, работающие на газообразном природном топливе (сжиженном и сжатом газе). Газовые двигатели лучше, чем бензиновые, запускаются при низких температурах, имеют более однородную топливовоздушную смесь и значительно уменьшенное содержание в отработавших газах углеводородов и оксидов азота. При этом конструкция бензинового двигателя, на котором устанавливается система подачи газа, практически не изменяется, кроме системы топливоподачи. В частности, применение сжиженных нефтяных газов позволяет снизить содержание вредных веществ в отработавших газах более чем на 10 %.

В качестве топлива для автомобилей возможно применение различных спиртов. В частности, этанола и метанола. Применение спиртов в чистом виде усложняется их высокой теплотой испарения и низкой теплотой сгорания. На таких автомобилях затруднен пуск холодного двигателя, поэтому спирты (например, этанол) используются как 10-процентная добавка к бензину.

Применение метанола — спиртового топлива, получаемого в процессе переработки нефти или каменного угля, обеспечивает снижение вредных выбросов по сравнению с бензином на 5 %. К недостаткам метанолового топлива относится его высокий расход: для получения необходимой мощности требуется вдвое большее количество метанола по сравнению с бензином.

В некоторых странах пробовали использовать этанол — спиртовое топливо, получаемое из растений (кукуруза, сахарный тростник и др.). Этанол по своим свойствам близок к метанолу и также обеспечивает снижение вредных примесей в отработавших газах. Однако отработавшие газы двигателей, работающих на этаноле, имеют неприятный запах и вызывают раздражение слизистых оболочек.

Проводятся работы и по созданию ДВС, работающих на водородном топливе. Водород (H_2) — горючий газ, который при сгорании соединяется с кислородом, образуя воду. Водород, по современным представлениям, является наиболее перспективным топливом для автомобильного транспорта. Однако применение такого двигателя осложняется вопросами безопасности при осуществлении рабочего процесса, сложностью создания систем питания и снабжения водородом.

Следует отметить тенденцию использования двигателей, преобразующих электрическую энергию в механическую, на автомобилях, работающих в основном в городских условиях (электромобили). Однако, учитывая небольшой запас энергии существующих

в настоящее время электрических источников и их большую массу, такие двигатели на автомобилях имеют ограниченное применение. В настоящее время появились так называемые **гибридные двигатели**, которые имеют совместные источники энергии: тепловой двигатель (дизельный или бензиновый небольшой мощности) и электродвигатель. Такие двигатели имеют высокие экологические показатели и топливную экономичность.

Двигатели внутреннего сгорания автомобилей подразделяются по ряду основных признаков, рассмотренных ниже.

1. Вид топлива. Все ДВС работают на смеси воздуха с жидким или газообразным топливом. В качестве топлива применяются в основном продукты переработки нефти и природные газы. Однако могут использоваться и синтетические газы, спирты, эфиры и некоторые растительные масла.

2. Способ смесеобразования. В ДВС применяются два способа приготовления топливовоздушной смеси: вне цилиндров, в которых происходит сгорание смеси, и непосредственно в цилиндрах. Поэтому ДВС принято разделять на двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием.

Внешнее смесеобразование применяют в двигателях, работающих на жидких легкоиспаряющихся топливах (бензинах) и на газовом топливе. В ДВС с внешним смесеобразованием в цилиндры двигателя поступает заранее приготовленная в определенном процентном соотношении воздуха и топлива топливовоздушная смесь.

Внутреннее смесеобразование применяют в двигателях, работающих в основном на тяжелых фракциях продуктов переработки нефти. Такие двигатели называются дизельными (по имени изобретателя Р.Дизеля), а топливо соответственно дизельным. В дизельных ДВС топливо и воздух в цилиндры поступают раздельно: сначала воздух, который сжимается поршнем, а затем в сильно нагретый при сжатии воздух впрыскивается под высоким давлением определенное количество распыленного топлива.

3. Способ воспламенения рабочей смеси. В ДВС с внешним смесеобразованием применяется **способ принудительного воспламенения сжатой смеси**, находящейся в цилиндре, от постороннего электрического источника (свечи зажигания). В ДВС с внутренним смесеобразованием используется **способ самовоспламенения смеси**. Самовоспламенение смеси происходит при взаимодействии топлива, впрыскиваемого в цилиндр, со сжатым и горячим воздухом, находящимся в цилиндре.

4. Способ регулирования мощности двигателя. Регулирование мощности двигателя в зависимости от режима движения автомо-

бия проводится двумя способами: количественным и качественным.

Количественное регулирование осуществляется изменением количества всей расходуемой топливовоздушной смеси путем применения дроссельных устройств и заслонок.

Качественное регулирование осуществляется изменением одной из составляющих топливной смеси: либо количества топлива, либо воздуха в составе топливовоздушной смеси при сохранении постоянного объема расхода смеси.

5. Способ осуществления рабочего цикла: двухтактные и четырехтактные двигатели.

6. Число и расположение цилиндров: одноцилиндровые, многоцилиндровые (однорядные, одновальные рядные, многорядные, оппозитные и V-образные).

7. Способ охлаждения двигателя: жидкостное, воздушное или смешанное охлаждение.

8. Степень быстроходности: тихоходные двигатели со средней скоростью движения поршня до 10 м/с, быстроходные — со средней скоростью поршня более 10 м/с.

9. Рабочий объем цилиндров (литраж): микролитражные двигатели (до 1 л), малолитражные (до 2 л), среднелитражные (до 4 л) и большого литража (более 4 л).

Независимо от используемого топлива и отличительных признаков силовые установки с ДВС поршневого типа имеют определенный состав механизмов и систем.

Состав силовой установки: двигатель — основа силовой установки, преобразующий тепловую энергию в механическую; кривошипно-шатунный и газораспределительный механизмы; системы, обеспечивающие работу двигателя: смазочная, охлаждения, питания топливом и воздухом, пуска двигателя, зажигания (только у двигателей с внешним смесеобразованием), программного управления работой двигателя, отвода отработавших газов и вентиляции картера двигателя.

Силовая установка располагается на автомобиле так, чтобы все системы, обслуживающие двигатель, находились как можно ближе к нему — для уменьшения габаритных размеров установки и сокращения длины трубопроводов. Такое размещение облегчает техническое обслуживание, уменьшает вибрации и улучшает условия управления работой двигателя.

В настоящее время на легковых автомобилях наиболее широко используются четырехтактные двигатели с внешним образованием топливовоздушной смеси, принудительным воспламенением и

комплексной микропроцессорной системой управления впрыском топлива и зажигания смеси. Двигатели применяются с числом цилиндров от трех до восьми с их рядным или V-образным расположением. Цилиндры могут располагаться вертикально или наклонно — до 30° к вертикальной плоскости. Наклонное положение цилиндров применяется для снижения высоты двигателя, удобства обслуживания и проведения необходимых регулировок. Суммарный рабочий объем двигателей составляет 1...4,5 л; частота вращения коленчатого вала — порядка $7\,000\text{ мин}^{-1}$; степень сжатия — 9—11; удельный расход топлива 235...300 г/(кВт·ч).

На большинстве автомобилей принято продольное расположение двигателя, однако для уменьшения выступающей части двигательного отсека (что значительно улучшает обзорность для водителя), если позволяют размеры двигателя, применяется и поперечное его расположение.

Условия эксплуатации автомобилей выдвигают ряд требований к двигателям, основными из которых являются обеспечение необходимой мощности при небольших габаритных размерах; надежность работы и длительный срок эксплуатации двигателя и его систем; высокая экономичность и низкий уровень выброса в окружающую среду вредных веществ с отработавшими газами. Еще одно необходимое условие эксплуатационной характеристики автомобиля — снижение вибраций и шумов, вызываемых работой двигателя.

1.2. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Двигатель внутреннего сгорания — основной источник энергии автомобиля — состоит из механизмов и систем, обслуживающих и обеспечивающих необходимый режим его работы (рис. 1.1). Работа двигателя основана на преобразовании тепловой энергии, возникающей при горении топливовоздушной смеси, в механическую.

Как уже указывалось, наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания поршневого типа, тепловая энергия в которых преобразуется в возвратно-поступательное движение поршня, превращаемое затем во вращательное движение коленчатого вала, передающееся через делительные преобразователи (трансмиссию) к колесам — движителям.

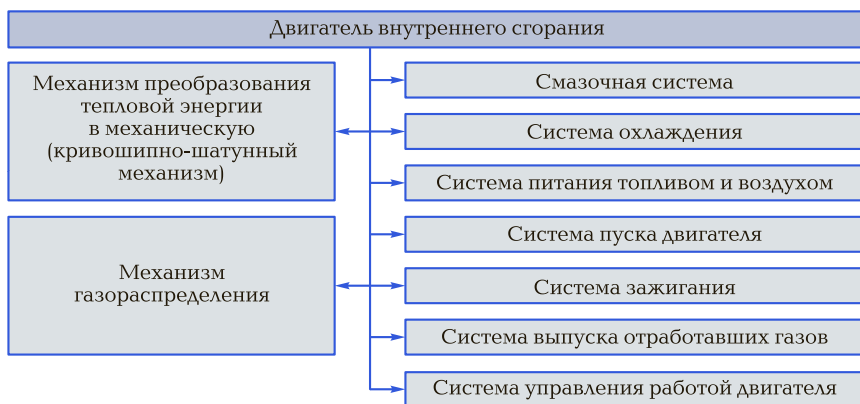


Рис. 1.1. Двигатель и его обслуживающие системы

Применяемые на легковых автомобилях ДВС независимо от конструктивного исполнения технологических особенностей изготовления, мощности и сложности систем, обеспечивающих надежную и экономичную работу двигателя, имеют аналогичную принципиальную схему работы, схожий состав узлов и деталей.

Рассмотрим некоторые частные примеры, которые позволят создать определенное представление о конструкции поршневых ДВС, применяемых на отечественных и зарубежных легковых автомобилях.

На автомобилях с приводом на задние колеса («классическая компоновка») устанавливается продольно расположенный четырехцилиндровый двигатель с верхним расположением распределительного вала механизма газораспределения. На автомобилях с приводом на передние колеса устанавливаются поперечно расположенные четырехцилиндровые двигатели с рядными вертикальными цилиндрами и верхним расположением распределительного вала. Как в первом, так и во втором случаях для различных моделей применяются унифицированные двигатели, отличающиеся геометрическими размерами цилиндров, поршней и других узлов. Отличительная особенность двигателей переднеприводных автомобилей заключается в их компоновочных размерах, обусловленных поперечным расположением совместно с коробкой передач между брызговиками передних колес.

Все двигатели (рис. 1.2) имеют аналогичные узлы и детали, выполняющие определенные функциональные задачи. Основные части двигателя: его корпус — картер, головка цилиндра, цилиндр,

поршень, шатун, коленчатый вал, газораспределительный механизм, впускные и выпускные клапаны, свечи зажигания, впускной и выпускной трубопроводы, а также узлы и детали систем смазочной, охлаждения и питания топливом. Цилиндры двигателя объединены с верхней частью картера в единую отливку — блок цилиндров. Снизу блок цилиндров закрыт поддоном картера, который одновременно служит емкостью для масла смазочной системы. Сверху на блок цилиндров установлена общая для всех цилиндров головка, изготовленная из алюминия или его сплавов. Между головкой и блоком цилиндров расположена уплотнительная прокладка. На головке цилиндров размещены распределительный вал

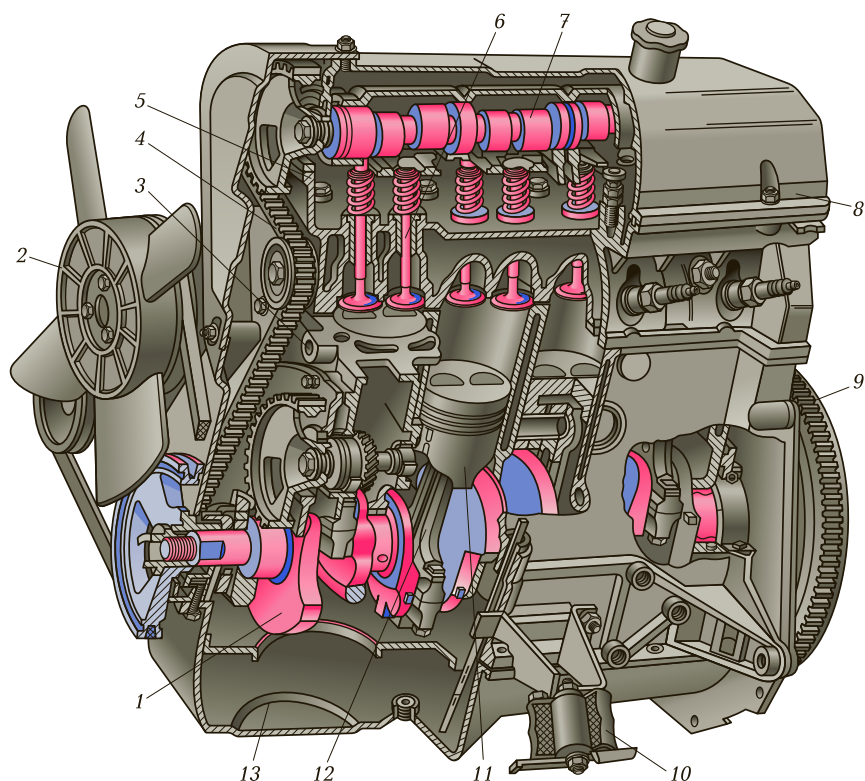


Рис. 1.2. Общий вид двигателя легкового автомобиля:

1 — коленчатый вал; 2 — вентилятор; 3 — блок цилиндров; 4 — зубчатый ремень; 5 — головка цилиндров; 6 — клапан; 7 — распределительный вал; 8 — крышка газораспределительного механизма; 9 — маховик; 10 — подушка передней опоры; 11 — поршень; 12 — шатун; 13 — масляный поддон

механизма газораспределения, клапанный механизм, газовые каналы и др. Распределительный вал приводится во вращение от коленчатого вала двухрядной роликовой цепью с натяжным устройством полуавтоматического типа или специальным зубчатым ремнем с эксцентриковым роликовым натяжителем.

Коленчатый вал — чугунный, литой, пятиопорный, концы его уплотнены самоподжимными сальниками. Поршни — алюминиевые, литые, имеют два компрессионных и одно маслосъемное кольцо.

Смазочная система двигателя — комбинированная (под давлением от масляного насоса и разбрызгиванием). Масляный насос шестеренного типа с внешним (для заднеприводных автомобилей) или внутренним (для переднеприводных автомобилей) зацеплением. Привод насоса осуществляется непосредственно от коленчатого вала или роликовой цепью.

Система охлаждения двигателя — жидкостная, закрытого типа, с принудительной циркуляцией жидкости и расширительным баком. У переднеприводных автомобилей система работает при более высоком тепловом режиме по сравнению с заднеприводными моделями. Насос охлаждающей жидкости — центробежного типа, приводится во вращение от коленчатого вала клиновым ремнем у двигателей заднеприводных машин и ременной передачей к распределительному валу — у переднеприводных.

Система питания с бензиновым двигателем на легковых автомобилях имеет либо карбюратор, либо систему впрыска.

Двигатели оборудуют как контактной, так и бесконтактной системой зажигания.

Зарубежные автомобили «Ауди», «Форд», «Опель», «Мерседес», «БМВ» и другие имеют как бензиновые двигатели, так и дизели. Следует отметить, что на отечественных легковых автомобилях дизели практически не используются. В настоящее время зарубежные легковые автомобили, оборудованные дизелями, находят применение в нашей стране, но не столь широкое, как с бензиновыми двигателями. Это можно объяснить сравнительно меньшей долговечностью дизелей по сравнению с бензиновыми двигателями, некоторыми экономическими проблемами и низким качеством отечественного дизельного топлива. Проблемы эксплуатации дизелей имеются и за рубежом.

Продолжая описание применяемых на легковых автомобилях двигателей, обратимся к зарубежным моделям. Для привода легковых автомобилей «Ауди» применяются четырех-, пяти- и шестицилиндровые двигатели, работающие на бензине и дизельном топли-

ве. У четырех- и пятицилиндровых двигателей цилиндры имеют рядное расположение. У шестицилиндрового двигателя цилиндры имеют V-образное расположение под углом 90° друг к другу.

Автомобили «Ауди-80» имеют четырехцилиндровые дизели с двумя различными способами впрыска топлива. Двигатель расположен вдоль автомобиля. Блок цилиндров двигателя выполнен из серого чугуна. На верхней части блока на болтах установлена алюминиевая головка цилиндров, в которой расположен клапанный механизм.

Распределительный вал воздействует на впускные и выпускные клапаны через гидравлические толкатели, автоматически компенсирующие тепловые зазоры.

Для приготовления топливовоздушной смеси применяется система впрыска, которая, как правило, не требует обслуживания. Электрическая искра вырабатывается электронной системой зажигания, которая определяет оптимальное время впрыска с учетом загрузки двигателя, частоты вращения и температуры. В зависимости от конструкции двигателя распределитель зажигания установлен либо на левой стороне блока цилиндров, либо у головки цилиндров. В четырехцилиндровом двигателе он приводится в движение посредством зубчатой передачи через вспомогательный вал, который, в свою очередь, приводится в движение от коленчатого вала через зубчатый ремень. В пятицилиндровом двигателе привод распределителя зажигания осуществляется непосредственно от распределительного вала. Шестицилиндровый двигатель имеет систему зажигания без распределителя, с тремя сдвоенными катушками зажигания, которые находятся впереди между рядами цилиндров.

Конструкция дизеля аналогична бензиновым двигателям за исключением системы воспламенения топливовоздушной смеси. Соответственно имеет определенные отличия и система питания топливом, содержащая топливный насос высокого давления и топливоподкачивающий насос низкого давления. Для пуска холодного двигателя применяется подогрев камеры сгорания свечой накаливания.

Следует отметить как особенность конструкции дизельного двигателя наличие двухполостных разделительных камер сгорания — вспомогательной и основной, соединенных между собой. Различают вихревую камеру и предкамеру. В вихревой камере создается обогащенная смесь, поступающая в виде вихревых потоков в основную камеру, там перемешивается со сжатым воздухом и обеспечивает полное сгорание смеси. В предкамере, соеди-

ненной с основной камерой каналами, при впрыске топлива навстречу потоку заряда воздуха, сжатого поршнем, происходит турбулизация заряда и эффективное перемешивание воздуха с топливом.

Дизель отличается от бензинового и системой остановки двигателя. В современных моделях двигатель отключается вакуумным регулятором, прекращающим подачу топлива при установке ключа зажигания в положение «0». В вакуумном регуляторе создается дополнительное давление через механический насос во время всей работы двигателя. Остановке двигателя способствует подача воздуха к подкачивающему механизму, в результате чего происходит замедление и двигатель останавливается приводом выключения насоса высокого давления.

Автомобиль «Опель Вектра/Калибра» приводится в движение рядным двигателем с жидкостным охлаждением. Распределительный вал находится у двигателя ОНС вверху в головке блока цилиндров (ОНС — Over head camshaft). Шестнадцатиклапанный двигатель автомобиля имеет два распределительных вала, расположенных сверху (DOHC), из которых один управляет впускными, а другой выпускными клапанами. Блок цилиндров отлит из сплава серого чугуна с отверстиями под цилиндры двигателя. При большом износе или появлении задиров на поверхности стенок цилиндров их можно хонинговать и шлифовать. После этого необходимо установить поршни большего размера. У дизеля объемом 1,7 л могут быть установлены гильзы, которые дают возможность применять поршни с нормальными размерами. В нижней части блока цилиндров находится коленчатый вал, который опирается на подшипники. Через подшипники скольжения коленчатый вал связан с шатунами. Снизу блок цилиндров закрыт масляным поддоном, в котором собирается масло, служащее для смазывания и охлаждения двигателя. В головке блока цилиндров, изготовленной из алюминия, запрессованы клапанные седла и стальные направляющие клапанов. Применение алюминия для головки блока цилиндров объясняется его хорошей теплопроводностью и низким удельным весом. Головка блока цилиндров выполнена по так называемому принципу поперечной продувки. Это означает, что свежая топливовоздушная смесь попадает на одну сторону головки блока цилиндров, в то время как сгоревшие газы выходят с другой стороны головки. Благодаря поперечной организации потока обеспечивается хороший газообмен. Вверху в головке блока цилиндров находится распределительный вал, который приводится в движение зубчатым ремнем от коленчатого вала. Распределительный вал

воздействует на вертикально висящие впускные и выпускные клапаны через рычаги. Гидравлические компенсаторы зазоров клапанов исключают необходимость регулировки тепловых зазоров клапанов при техническом обслуживании.

У 16-клапанного двигателя один распределительный вал управляет впускными, другой — выпускными клапанами. Оба вала приводятся в движение зубчатым ремнем. Они воздействуют на наклонно расположенные клапаны непосредственно через гидравлический чашечный толкатель. Гидротолкатель обеспечивает большую жесткость и, таким образом, большую стабильность частоты вращения. Наличие большого числа клапанов обеспечивает хороший газообмен и более высокую эффективность использования энергии топлива.

Смазывание двигателя обеспечивает масляный насос, укрепленный на корпусе двигателя и приводимый в движение коленчатым валом. Масло из масляного поддона поступает через отверстия в каналы к подшипникам коленчатого и распределительного валов и на зеркало цилиндров.

Насос охлаждающей жидкости находится на блоке цилиндров и приводится в движение через зубчатый ремень.

Для подготовки топливовоздушной смеси служит карбюратор или система впрыска, которая, как правило, не требует обслуживания. Электрическая искра создается электронным устройством зажигания, которое практически не требует обслуживания. Регулирование момента зажигания при техническом обслуживании также не требуется.

С целью повышения мощности двигателя без увеличения числа и объема его цилиндров устраивают увеличение литровой мощности двигателя путем его форсирования. При форсировании двигателя осуществляется его наддув. **Нагдув** — это способ повышения мощности двигателя путем увеличения цикловой подачи топлива и количества воздуха в цилиндр под давлением. Наиболее широкое использование в современных двигателях имеет газотурбинный наддув. В этом случае применяется центробежный компрессор, приводом которого выступает часть энергии отработавших газов, поступающих на лопатки газовой турбины. Газовая турбина и компрессор, объединенные в единый блок, получили название **турбокомпрессор**. При газотурбинном наддуве возможны два способа использования энергии отработавших газов: ресиверный и импульсный. При постоянном давлении отработавшие газы поступают в ресивер перед турбиной и под постоянным давлением подаются на ее лопатки. При импульсном наддуве отработавшие

газы поступают непосредственно на турбину. В этом случае используется потенциальная и кинетическая энергия газов.

На ряде двигателей форсированный режим работы достигается за счет небольшого усложнения конструкции турбокомпрессора. Например, турбодизель объемом 1,7 л (ТС 4 EE1) и двигатель с турбонаддувом объемом 2,0 л (С 20 LET) оснащены турбонагнетателем. На валу турбонагнетателя установлены два турбинных колеса в двух отдельных корпусах. Турбинные колеса приводятся в движение отработавшими газами двигателя. Они разгоняют газовое колесо до частоты вращения $120\,000\text{ мин}^{-1}$. Так как оба колеса сидят на одном валу, то с той же скоростью вращается и воздушное колесо нагнетателя, которое накачивает воздух в цилиндры двигателя. Благодаря лучшему наполнению цилиндров увеличивается мощность двигателя. Степень этого увеличения зависит от давления накачиваемого воздуха. Если давление увеличивается выше установленного значения, то открывается клапан и давление уменьшается.

Вместе с увеличением мощности при турбонаддуве увеличивается также вращающий момент, что благоприятно сказывается на динамических качествах автомобиля.

Для дальнейшего улучшения наполнения цилиндров турбокомпрессор автомобиля «Опель Вектра/Калибра» охлаждается воздухом. Охладитель находится между трубопроводами и всасывающим колесом и охлаждает предварительно сжатый воздух. Это необходимо, так как сжатый воздух нагревается в результате сжатия в турбонагнетателе, и его плотность (а вместе с ней и содержание в воздухе кислорода) уменьшается. В противоположность бензиновым двигателям в дизельных двигателях степень сжатия вследствие наддува возрастает, и поэтому даже при низких оборотах впрыскиваемое топливо сгорает полностью.

Как видно из представленного описания двигателей легковых автомобилей, можно отдельные механизмы и системы, обслуживающие двигатель, рассматривать без привязки к конкретным отечественным или зарубежным машинам, а при анализе конструкции отмечать только особенности, присущие той или иной фирме, выпускающей автомобили.

1.3. ЭКОЛОГИЯ И АВТОМОБИЛЬ

Экология (от греч. *oikos* — жилище, родина, *logos* — учение) — наука о взаимодействии живых организмов с окружающей сре-

дой. Основными загрязнителями окружающей среды, вызываемыми работой автомобилей и отрицательно влияющими на жизнь животных и растений, являются ядовитая (токсичная) газообразная среда, задымленность и шум.

При работе двигателя из выхлопной трубы выбрасывается в окружающую среду большое количество различных газов, химических соединений и продуктов неполного сгорания топлива. Среди этих продуктов есть токсичные (ядовитые) вещества, представляющие опасность для живых организмов. Особенно опасны для здоровья человека и животных токсичные составляющие отработавших газов — оксид углерода (CO), углеводороды (CH) и оксид азота (NO). Оксид углерода вызывает нарушение окислительных процессов в организме человека или животного, что может привести к смерти. Оксид азота в соединении с водяными парами образуют азотную кислоту, которая разрушает легочную ткань и приводит к хроническим заболеваниям. Оксид азота (NO₂) раздражает слизистую оболочку глаз, легких и вызывает необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе.

Очень опасно для людей и животных наличие в отработавших газах бензиновых двигателей такого токсичного компонента, как свинец, вызывающего злокачественные опухоли. Дизели выделяют еще диоксид серы SO₂, масляные аэрозоли и твердые частицы — сажу. Поэтому одна из основных проблем — снижение загрязнения атмосферы токсичными веществами, выделяемыми с отработавшими газами.

В настоящее время во всех странах для автотранспортной техники установлены предельные нормы содержания в отработавших газах оксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH, оксид азота NO и сажи (дымность). Для снижения количества выбросов CO₂ на современных автомобилях применяют четырехклапанные головки цилиндров с двумя выпускными клапанами, повышают энергию электрического разряда свечи зажигания, обеспечивают управление изменением давления впрыска и работу на обедненных смесях.

На токсичность отработавших газов большое влияние оказывает сорт применяемого топлива, его качество и степень сжатия. Чем выше степень сжатия, тем эффективнее и экономичнее работа двигателя. Однако изготовление высокосортного высокооктанового бензина требует применения дорогостоящей технологии по переработке нефти, что делает топливо дорогостоящим. Ранее для получения высокооктанового бензина применялся более дешевый путь — добавка к бензину этиловой жидкости (этилированный

бензин). Обычно такой бензин очень ядовит, его применение в настоящее время резко сокращается, а в ряде случаев (в городских условиях) просто запрещено.

Все развитые страны имеют национальные стандарты, устанавливающие нормы токсичности выбросов автомобилей, причем эти нормы постоянно пересматриваются в целях ужесточения. В нашей стране постепенно внедряются европейские нормы предельной токсичности отработавших газов. Снижение загрязнения атмосферы бензиновыми двигателями ведется путем регулирования работы систем подачи топливовоздушной смеси, введением программированного впрыска, дожигания несгоревших компонентов на выходе, установкой катализаторов и переходом работы двигателя на природный газ. Снижение дымления дизельных двигателей ведется введением различных антидымных присадок: бариевых, марганцевых и др., а также совершенствованием процессов смесеобразования и сгорания (вихрекамерное, предкамерное и др.).

Один из перспективных путей снижения токсичности отработавших газов ДВС — использование водородных присадок к топливу. Незначительная присадка к бензину элементов, выделяющих водород, улучшает сгорание топливовоздушной смеси и снижает количество вредных выбросов.

Для дизелей перспективно использование диметилового эфира, позволяющего существенно улучшить экологические показатели дизеля.

Для снижения в отработавших газах содержания токсичных составляющих применяют **каталитические нейтрализаторы**. Каталитический нейтрализатор служит для дожигания (окисления) продуктов неполного сгорания топлива (СН и СО) и разложения оксидов азота (NO). Каталитическое действие нейтрализатора основано на беспламенном, поверхностном окислении токсичных веществ в присутствии катализатора, ускоряющего химическую реакцию. Процесс окисления происходит во время прохождения отработавших газов через носитель с нанесенным на него катализатором. Скорость реакции окисления зависит от температуры носителя (300...850 °С): чем выше температура носителя, тем эффективнее протекает процесс дожигания. Эффективность каталитических нейтрализаторов достигает 98...100 %. Нейтрализатор устанавливают на выпускную трубу двигателя. Нейтрализатор представляет собой носитель, состоящий из большого количества параллельных каналов (сот), поверхность которых покрыта тонким слоем катализатора. В современных нейтрализаторах для бен-

зиновых двигателей в качестве катализатора применяют покрытия из благородных металлов (платина, палладий, родий). Каталитическое действие нейтрализатора способствует доокислению оксидов углерода, альдегидов и дожиганию углеводородов, а также нейтрализует оксиды азота до нетоксичных оксидов NO_2 или азота. При наличии каталитического нейтрализатора запрещается применять этилированный бензин. Для каталитического нейтрализатора дизельного двигателя используют более дешевые материалы. Нейтрализатор состоит из корпуса с входным и выходным патрубками, в котором помещена решетчатая камера, заполненная гранулами диаметром 2,5... 5 мм, изготовленными из керамики (Al_2O_3) и покрытыми тонким слоем химических соединений, например оксидом меди CuO и оксидом цинка ZnO .

Уровень шума двигателя измеряется в децибелах (дБ) по шкале «А», соответствующей восприимчивости человеческого слуха. На скоростях более 80 км/ч проявляется шум от шин, который может быть больше, чем шум от работы двигателя. Уровень шума шин зависит от рисунка протектора, величины износа шин, покрытия дороги и загруженности автомобиля. В городах на транспортных магистралях устанавливают шумопоглощающие и звукоотражающие стенки.

Снижение уровня вибраций и шума двигателя на автомобиле, при использовании двигателей большой мощности может достигаться применением специальных пневмо- и гидроопор (между двигателем и рамой) вместо резиновых подушек. Для шумоизоляции используют резиновый шумопоглощающий материал и панели из стеклопластикового акустического материала. Шум системы выпуска отработавших газов снижают применением двойных выпускных труб с различной собственной частотой и глушителей с перфорированными трубами.

1.4. ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

Общие сведения. При перемещении поршня в цилиндре его поступательное движение посредством шатуна передается на кривошип коленчатого вала, обеспечивая вращение вала совместно с маховиком. Поршень, перемещаясь в цилиндре, за один оборот коленчатого вала занимает два крайних положения: верхнее, наиболее удаленное от оси коленчатого вала, — **верхняя мертвая точка (ВМТ)** и нижнее, соответствующее минимальному расстоянию поршня от оси коленчатого вала, — **нижняя мертвая точка**

(НМТ). Расстояние между крайними положениями поршня (между ВМТ и НМТ) называется **ходом поршня**.

В автомобильных двигателях отношение хода поршня к диаметру цилиндра S/D изменяется примерно в пределах 0,7...1,5. Если двигатель имеет $S/D < 1,0$, то его называют короткоходным; при $S/D = 1,0$ — квадратным, при $S/D > 1,0$ — длинноходным.

Объем в цилиндре над поршнем, когда поршень находится в ВМТ, называется **камерой сгорания**. Объем цилиндра, освобождаемый поршнем при его движении от ВМТ до НМТ, называется **рабочим объемом**. Сумма рабочего объема и камеры сгорания составляет полный объем цилиндра. Рабочий объем всех цилиндров двигателя, выраженный в литрах, принято называть литражом двигателя.

Важным параметром, характеризующим двигатель, выступает степень сжатия. **Степень сжатия** показывает, во сколько раз сжимается поступающая в цилиндр топливовоздушная смесь (бензиновый двигатель) или воздух (дизель) при перемещении поршня от НМТ к ВМТ. У бензиновых двигателей степень сжатия находится в пределах 6...12, у дизельных — 14...24; чем выше степень сжатия, тем большую мощность может развить двигатель. Степень сжатия предопределяет также экономичность и токсичность двигателя.

При работе двигателя в его цилиндрах происходит ряд процессов, связанных с подачей топливовоздушной смеси или воздуха в надпоршневой объем цилиндра, сжатием смеси или воздуха, воспламенением топливовоздушной смеси и выбросом в атмосферу отработавших газов. Эти процессы периодически повторяются в каждом цилиндре двигателя. Совокупность последовательных процессов, периодически повторяющихся в цилиндре и обеспечивающих непрерывную работу двигателя, называется **рабочим циклом**. Рабочий цикл четырехтактного двигателя состоит из четырех тактов, каждый из которых происходит за один ход поршня или за пол-оборота коленчатого вала.

Каждому такту соответствует определенный процесс, совершаемый в двигателе: впуск, сжатие, расширение и выпуск. У двухтактного двигателя все указанные процессы совершаются за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала, т.е. за каждый такт совершаются два процесса.

В процессе одного и того же рабочего цикла в двигателях с внешним и внутренним смесеобразованием условия протекания отдельных процессов значительно различаются, прежде всего, по давлению и температуре. Такое различие определяет и характер

воспламенения топливной смеси. В двигателях с принудительным зажиганием величина степени сжатия находится в пределах 6...12 (в зависимости от конструктивных особенностей двигателя и используемого топлива), что обусловлено необходимостью исключения произвольного воспламенения (самовоспламенения) рабочей смеси. В дизелях, наоборот, воздух, поступающий в цилиндр, должен быть сжат до величины, при которой его температура при впрыске топлива будет выше температуры самовоспламенения смеси. Поэтому степень сжатия у дизельных двигателей находится в пределах 14...24. Следует также отметить, что для нормальной работы двигателя необходимо выдерживать определенные моменты и длительность подачи свежей порции смеси или газа, выпуск отработавших газов и воспламенение смеси в зависимости от положения поршня относительно мертвых точек.

Рабочий цикл четырехтактного двигателя. Порядок и характеристика работы впускных и выпускных клапанов обеспечивается газораспределительным механизмом в зависимости от угла поворота коленчатого вала.

Первый такт — впуск. Поршень перемещается из ВМТ в НМТ, над поршнем создается разрежение приблизительно 0,08...0,09 МПа, впускной клапан открыт и через него в цилиндр поступает топливовоздушная смесь у двигателей с внешним смесеобразованием или чистый воздух — у дизелей, температура газа не превышает 60 °С, выпускной клапан закрыт.

Второй такт — сжатие. В конце первого такта впускной клапан закрывается, выпускной клапан закрыт, цилиндр заполнен топливовоздушной смесью или чистым воздухом. Поршень во втором такте перемещается из НМТ в ВМТ, сжимая смесь или воздух. При этом, в зависимости от степени сжатия, давление смеси у бензинового двигателя повышается до 0,9...1,2 МПа, температура — до 300...400 °С; у дизеля давление воздуха составляет более 5 МПа, а температура — 600...900 °С. В конце такта сжатия при подходе поршня к ВМТ в бензиновых и газобалонных двигателях сжатая смесь воспламеняется электрической искрой от свечи зажигания, а в дизелях в сжатый и очень горячий воздух посредством форсунки впрыскивается топливо, и образовавшаяся горячая смесь самовоспламеняется. Воспламенение смеси, как у бензинового двигателя, так и у дизеля, происходит в момент, когда поршень еще не достиг ВМТ. опережение зажигания необходимо для обеспечения полного сгорания смеси.

Третий такт — рабочий ход. Воспламененная смесь очень быстро сгорает. Впускной и выпускной клапаны закрыты. Следует

отметить, что если в бензиновых двигателях воспламенение смеси происходит до прихода поршня в ВМТ, то в дизелях подача топлива через форсунку начинается до прихода поршнем в ВМТ, смесь самовоспламеняется, а подача топлива продолжается еще некоторое время после прохождения поршнем ВМТ. При воспламенении смеси выделяется большое количество теплоты, в результате чего давление в цилиндре бензинового двигателя возрастает до 4 МПа, а температура — до 2 000 °С; в дизеле — более 8 МПа, а температура — до 2 500 °С. Под действием давления газов поршень перемещается от ВМТ к НМТ. В процессе рабочего хода на коленчатом валу создается крутящий момент, а маховиком запасается кинетическая энергия, необходимая для обеспечения повторения тактов работы поршня. К концу рабочего хода давление газов внутри цилиндра понижается до 0,3...0,5 МПа, а температура — до 800...900 °С.

Четвертый такт — выпуск. При подходе поршня к НМТ открывается выпускной клапан, впускной клапан закрыт. Отработавшие газы под действием избыточного давления, а также перемещающимся поршнем от НМТ к ВМТ вытесняются из цилиндра. Давление внутри цилиндра в конце выпуска понижается до 0,11...0,12 МПа, температура — до 400...600 °С. После перехода поршнем ВМТ выпускной клапан закрывается, а впускной — открывается, и рабочий цикл повторяется.

Необходимо отметить, что полное освобождение цилиндра при выпуске от отработавших газов обеспечить не удастся. Оставшаяся часть отработавших газов называется остаточными газами, при последующем цикле они смешиваются с топливовоздушной смесью в бензиновом двигателе и с чистым воздухом — в дизеле. Смесью топлива с воздухом и оставшимися отработавшими газами называется **рабочей смесью**. Не следует путать понятия «рабочая смесь» и «горючая смесь». **Горючая смесь** — это смесь чистого воздуха с топливом.

Как видно из представленного рабочего цикла четырехтактного двигателя, работа одного цилиндра не будет равномерной, так как рабочий ход поршня совершается с ускорением. Для уменьшения неравномерности работы двигателя на конце коленчатого вала установлен маховик большой массы. Кинетическая энергия, запасенная маховиком при рабочем ходе поршня, обеспечивает уменьшение неравномерности вращения коленчатого вала и позволяет поршню преодолевать мертвые точки при возвратно-поступательном движении. Для обеспечения равномерной работы двигателя маховик должен иметь большую массу и объем, что не при-

емлемо по ряду причин экономического и технического характера. Поэтому применяют многоцилиндровые двигатели, так как в этом случае можно расположить цилиндры в одном блоке таким образом, чтобы чередование рабочих ходов в них было смещено по времени и осуществлялось в определенной последовательности, обеспечивая равномерное вращение коленчатого вала. Такая последовательность чередования рабочих ходов называется порядком работы двигателя.

Особенности работы четырехтактного двигателя. Для обеспечения требуемой мощности и экономичности работы двигателя выполняемый рабочий цикл имеет существенные особенности.

Мощность двигателя зависит от массового наполнения цилиндров топливовоздушной смесью. Для более полного наполнения цилиндров горючей смесью (бензиновые двигатели) или чистым воздухом (дизельные двигатели), а также для обеспечения более полного сгорания смеси и лучшей очистки цилиндров от отработавших газов моменты открытия и закрытия клапанов не совпадают с положением поршней в верхней и нижней мертвых точках. Открытие и закрытие клапанов происходит с некоторым опережением или запаздыванием. Моменты открытия и закрытия клапанов, выраженные в градусах угла поворота коленчатого вала, называются **фазами газораспределения**.

В первом такте для улучшения наполнения цилиндра впускной клапан открывается с опережением подхода поршня к ВМТ на $5...30^\circ$ угла поворота коленчатого вала, а закрывается с запаздыванием на $40...70^\circ$, когда поршень пройдет НМТ. В то же время, в начале первого такта выпускной клапан еще открыт, его закрытие происходит на $8...35^\circ$ поворота коленчатого вала после прихода поршня в ВМТ. Получается, что какой-то период времени оба клапана остаются открытыми (угол перекрытия клапанов). Это необходимо для улучшения наполнения цилиндра смесью или воздухом, так как выходящие с большой скоростью отработавшие газы увлекают (затягивают) свежую порцию через впускной клапан, хотя поршень еще не начал двигаться к НМТ, создавая разрежение в цилиндре. В конце второго такта (сжатие) происходит воспламенение рабочей смеси. Для обеспечения наиболее полного сгорания смеси подача искры высокого напряжения или впрыскивание топлива в дизелях происходит с опережением на $20...30^\circ$ по углу поворота коленчатого вала (перед подходом поршня к ВМТ).

В конце третьего такта (рабочий ход) выпускной клапан открывается на $4...70^\circ$ поворота коленчатого вала раньше, чем поршень

придет в НМТ, т.е. когда поршень совершает еще рабочий ход. При этом отработавшие газы начинают раньше выходить из цилиндра, облегчая работу поршня на их вытеснение. Закрытие выпускного клапана происходит после прихода поршня в ВМТ; при этом, несмотря на начало движения поршня к НМТ, отработавшие газы по инерции еще будут выходить из цилиндра, обеспечивая более полное его очищение.

Углы опережения и запаздывания, а следовательно, и продолжительность открытия клапанов, должны быть тем больше, чем выше частота вращения коленчатого вала двигателя. Это объясняется повышением интенсивности газообменных процессов при неизменной инерции поступающего в цилиндр свежего заряда и выхода отработавших газов.

Необходимо отметить, что диапазон указанных выше углов поворота коленчатого вала, соответствующих моментам открытия или закрытия клапанов, относится к двигателям различного конструктивного исполнения.

Для повышения мощности двигателя без увеличения объема цилиндров в некоторых конструкциях двигателей внутреннего сгорания (как правило, в дизельных) применяют наддув воздуха с соответствующим увеличением количества впрыскиваемого топлива. Для обеспечения наддува используют компрессоры (турбокомпрессоры), нагнетающие на входе в цилиндр воздух под давлением 0,15...0,17 МПа. Использование турбонаддува позволяет без изменения размеров двигателя и частоты вращения коленчатого вала повысить мощность двигателя более чем в 1,5 раза. Для привода компрессора, подающего воздух в цилиндр, используют энергию отработавших газов.

Турбокомпрессор состоит из двух лопастных колес — турбинного и компрессорного, установленных на одном валу. При открытом выпускном клапане поршень выталкивает отработавшие газы, часть которых через сопловой аппарат попадает на лопасти рабочего колеса турбины. Вместе с валом вращается и рабочее колесо компрессора, засасывая воздух через воздухоочиститель и нагнетая его по впускному трубопроводу в цилиндр при открытом впускном клапане.

Особенности работы двухтактного двигателя. На некоторых легковых автомобилях малого класса устанавливают двухтактные двигатели. Одним из таких автомобилей был «Трабант». Рабочий цикл двухтактного двигателя осуществляется за два хода поршня (два такта) или один поворот коленчатого вала. Двигатели, работающие по двухтактному циклу, изготавливают как с внешним,

так и с внутренним смесеобразованием. Цилиндр двухтактного двигателя, как и в четырехтактных двигателях, закрыт головкой. Внутри цилиндра перемещается поршень, шарнирно соединенный шатуном с кривошипом вала двигателя. В нижней части цилиндра размещены продувочное и выпускное окна, которые открываются и закрываются поршнем при его перемещении вдоль оси цилиндра. Днищу поршня придают форму, облегчающую продувку цилиндра. Воздух или горючую смесь (в зависимости от типа двигателя), используемые для продувки и заполнения цилиндра, предварительно сжимают с помощью отдельного насоса. Наличие продувочных и выпускных окон в цилиндре оказывает существенное влияние на эффективность использования хода поршня. Часть хода поршня, которую он совершает при открытых окнах, считают нерабочей, т.е. неиспользуемой для процессов сжатия и расширения, а соответствующий этому объем часто называют **теряемым объемом**. Поэтому действительный рабочий объем цилиндра в двухтактных двигателях всегда бывает меньше геометрического объема, который описывается поршнем при его перемещении между ВМТ и НМТ. В связи с этим в двухтактных двигателях различают два объема цилиндра — **полезный и геометрический**, а соответствующие степени сжатия называют **действительной и геометрической**, или **условной**.

Первый такт соответствует перемещению поршня от НМТ к ВМТ. Когда поршень находится в НМТ, продувочные и выпускные окна открыты. Горючая смесь или воздух (дизели) под давлением до 0,12 МПа поступает в цилиндр через продувочное окно и вытесняет из цилиндра оставшуюся часть отработавших газов. Совместное протекание процессов наполнения и вытеснения отработавших газов продолжается до момента перекрытия поршнем продувочного окна. При дальнейшем ходе поршня к ВМТ им перекрывается выпускное окно, после чего начинается процесс сжатия. При подходе поршня к ВМТ происходит поджог смеси в бензиновом двигателе или впрыск топлива в дизельном.

Второй такт соответствует перемещению поршня от ВМТ к НМТ. Под действием давления расширяющихся газов сгоревшего топлива поршень перемещается к НМТ, поворачивая через шатун коленчатый вал (рабочий ход) и совершая полезную работу. Двигаясь к НМТ, поршень открывает выпускное окно, через которое с критическими звуковыми скоростями начинает вытекать в атмосферу отработавший газ. При дальнейшем перемещении поршня открывается продувочное окно. Поскольку давление в надпоршневой полости значительно понижается, в цилиндр начинает посту-

пать горючая смесь или воздух. Происходит наполнение цилиндра свежим зарядом и принудительное вытеснение отработавших газов (процесс расширения). От НМТ поршень движется к ВМТ, при этом продувочное окно остается открытым и в цилиндр продолжает поступать свежий заряд, вытесняя отработавшие газы. Совместное осуществление двух процессов наполнения и выпуска называют **продувкой цилиндра**.

Различают контурную и прямоточную продувку цилиндра. При контурной продувке происходит частичная потеря свежего заряда вследствие перемешивания его с отработавшими газами. При прямоточной продувке, поскольку свежий поток заряда не меняет своего направления, очистка цилиндра и его наполнение происходят более эффективно. Мощные двухтактные двигатели проектируют по принципу двигателей двойного действия, в которых тепловые процессы совершаются в двух рабочих полостях, расположенных с обеих сторон поршня. В таких двигателях за один оборот вала совершается два рабочих цикла, что обеспечивает увеличение мощности более чем на 80 %.

В классических двухтактных двигателях часть топливовоздушной смеси теряется вместе с отработавшими газами, что обуславливает низкую топливную экономичность по сравнению с четырехтактными двигателями. В последнее время появились двухтактные двигатели, в которых используется процесс впрыска топливовоздушной смеси, что позволяет значительно повысить рабочую характеристику двигателя.

Поскольку на большинстве эксплуатируемых легковых автомобилях в основном используются четырехтактные двигатели, в дальнейшем будем рассматривать конструкцию только таких двигателей.

Классификация двигателей внутреннего сгорания. По числу цилиндров двигатели подразделяются на двух-, трех-, четырех-, пяти-, шести-, восьми- и 12-цилиндровые. По расположению цилиндров двигатели могут быть рядные, когда цилиндры расположены в вертикальной плоскости или под некоторым углом к ней последовательно друг за другом, V-образные, расположенные под углом по отношению друг к другу, и оппозитные, расположенные горизонтально напротив друг друга.

Наибольшее распространение получили рядные и V-образные двигатели. У V-образных двигателей в зависимости от конструкции угол между двумя рядами цилиндров может составлять от 75 до 120°, для четырех- и шестицилиндровых двигателей угол обычно равен 90°. Нумерация рядных цилиндров осуществляется по-

следовательно с первого (передняя часть автомобиля по направлению движения); V-образного — последовательно нумеруются цилиндры правой половины (если смотреть по ходу движения автомобиля), затем (также начиная с передней части) — левой половины.

Равномерная работа двигателя достигается при определенном чередовании рабочих ходов в его цилиндрах, происходящих через равные углы поворота коленчатого вала. Угловой интервал, через который должны равномерно повторяться одноименные такты в различных цилиндрах, определяется делением 720° (угол поворота коленчатого вала — два оборота, при котором совершается полный рабочий цикл) на число цилиндров двигателя. Например, у четырехцилиндрового двигателя угловой интервал будет 180° , у восьмицилиндрового — 90° , у шестицилиндрового — 120° и т.д.

Последовательность чередования одноименных тактов или порядок работы двигателя выбирается таким, чтобы в наибольшей степени уменьшалось влияние на работу двигателя инерционных сил и моментов, а также и взаимное тепловое воздействие. У четырехцилиндровых рядных двигателей возможны два варианта чередования рабочих ходов в цилиндрах: 1—2—4—3 и 1—3—4—2, которые равноценны по обеспечению равномерной работы и уравниваемости сил инерции. Для пятицилиндрового рядного двигателя порядок работы 1—2—4—5—3; для шестицилиндрового двигателя принят следующий порядок чередования рабочих ходов: рядный двигатель 1—5—3—6—2—4, V-образный двигатель 1—4—2—5—3—6; у восьмицилиндрового V-образного двигателя — 1—5—4—2—6—3—7—8.

Учитывая особенности работы ДВС, рассмотрим некоторые его основные показатели.

Основные показатели двигателя внутреннего сгорания. Работа двигателя внутреннего сгорания как тепловой машины характеризуется тепловыми потерями. Часть теплоты, образованной внутри цилиндра при сгорании топлива, уходит в атмосферу с отработавшими газами и отбирается системой охлаждения. Часть тепловой энергии, преобразованной в механическую, затрачивается на преодоление сил трения в кривошипно-шатунном механизме, на приводы механизмов газораспределения, насосы обслуживающих двигатель систем и др. И только оставшаяся энергия после этих потерь идет на совершение полезной работы, связанной с назначением двигателя. В связи с этим, одним из основных показателей работы двигателя является **эффективный коэффициент полезного действия**, равный отношению количества теплоты, превра-

щенной в механическую работу, к количеству теплоты, содержащейся в топливе. Величина эффективного КПД находится в пределах 0,25...0,3 для бензиновых двигателей и 0,3...0,42 для дизелей. То есть более 60 % тепловой энергии расходуется на различные потери в двигателе.

К другим основным показателям работы двигателя относятся крутящий момент, мощность двигателя, механический коэффициент полезного действия, экономичность работы двигателя.

Крутящий момент — это произведение силы, создаваемой давлением газов на поршень и передаваемой на коленчатый вал, на радиус кривошипа коленчатого вала ($H \cdot m$).

Мощность — это работа, совершаемая при вращении коленчатого вала, выполненная за единицу времени (кВт). Мощность зависит от значения крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала. Различают индикаторную и эффективную мощность.

Индикаторной называют мощность, которая развивается газами внутри цилиндра работающего двигателя. **Эффективная** мощность — это мощность, развиваемая двигателем на коленчатом валу.

Механический коэффициент полезного действия двигателя равен отношению эффективной мощности к индикаторной. Величина механического КПД находится в пределах 0,8...0,9 и зависит в основном от качества изготовления деталей и сборки узлов.

Экономичность работы двигателя характеризуется удельным расходом топлива. **Удельный расход** топлива определяется количеством теплоты, которое расходуется на получение одной единицы мощности в единицу времени.

Роторно-поршневой двигатель (двигатель Ванкеля). Помимо поршневых двигателей, где возвратно-поступательное движение поршня преобразуется во вращательное движение коленчатого вала, существуют двигатели внутреннего сгорания, в которых основной рабочий орган совершает вращательное движение. Такими двигателями являются роторно-поршневые и газотурбинные. На легковых автомобилях изредка применяют роторно-поршневые двигатели.

В общем случае роторно-поршневой двигатель представляет собой тепловой двигатель, в котором функцию поршня выполняет ротор, грани которого воспринимают силы от давления газа и передают их на вал, вызывая его вращение. Вал размещен в подшипниках боковых стенок корпуса, имеет цилиндрический эксцентрик, на котором вращается трехгранный ротор. Ротор вращается внутри корпуса двигателя, который называется статором и имеет сложную геометрическую форму. Ротор связан зубчатой переда-

чей с корпусом двигателя, а за счет эксцентрикового вала может совершать планетарное перемещение внутри статора, при этом все три вершины ротора постоянно соприкасаются с внутренней поверхностью статора. Между ротором и статором образуются три полости переменного объема, в которых осуществляется четырехтактный цикл. На боковой стенке корпуса двигателя расположена неподвижная шестерня, в зацепление с которой входит зубчатый венец, укрепленный на роторе-поршне. Передаточное отношение зубчатого зацепления равно 3:2. Треугольный поршень разделяет внутреннюю полость статора на три рабочие полости с изменяющимися объемами, в каждой из которых последовательно совершаются процессы рабочего цикла. Газораспределение в двигателе осуществляют путем перекрытия выпускного и впускного каналов поршнем. В положении, когда поршень одновременно открывает оба канала, происходит перекрытие фаз газораспределения, аналогичное перекрытию в клапанных механизмах обычных четырехтактных двигателей. За полный оборот поршня или за три оборота вала в каждой из трех полостей последовательно совершаются все процессы рабочего цикла. Таким образом, на каждый оборот вала приходится один рабочий ход. Поэтому при сравнении литровых мощностей четырехтактного поршневого и роторно-поршневого двигателей рабочий объем роторно-поршневого удваивают.

Под полным объемом роторно-поршневого двигателя подразумевается максимальный объем рабочей полости (камеры), заключенный между одной из граней поршня и стенкой рабочей камеры. Рабочий объем камеры равен разности между полным (максимальным) и минимальным ее объемами. Для получения высоких степеней сжатия грани поршня должны профилироваться по гипотрохоиде, однако в связи с технологическими трудностями грани поршня обрабатывают по дугам окружности.

1.5. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗМОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

Основными механизмами, обеспечивающими работу двигателя, являются кривошипно-шатунный (или механизм преобразования тепловой энергии в механическую) и газораспределительный.

Кривошипно-шатунный механизм предназначен для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

К кривошипно-шатунному механизму относятся картер, блок цилиндров (обычно блок цилиндров отливают вместе с верхней половиной картера, поэтому картер вместе с блоком цилиндров называют блок-картер), цилиндры, головка блока цилиндров, прокладка головки блока, поддон, поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, шатуны, коленчатый вал, маховик, коренные и шатунные вкладыши.

Блок-картер служит основной несущей частью двигателя: в нем расположены цилиндры, опоры коленчатого вала, узлы и каналы смазочной системы, к нему крепятся головка блока цилиндров, поддон и различное оборудование систем, обслуживающих двигатель. Вокруг стенок цилиндров в блоке имеются полости, в которых циркулирует охлаждающая жидкость — «водяная рубашка». На блок-картере расположены кронштейны крепления двигателя. Изготавливается блок-картер из чугуна или алюминиевого сплава.

Головка блока цилиндров устанавливается на верхнюю часть блок-картера, закрывая полости цилиндров сверху. В головке блока находятся углубления, образующие камеры сгорания. Внутри головки имеются полости для охлаждающей жидкости, сообщающиеся с «водяной рубашкой» блок-картера. Камера сгорания, образованная головкой цилиндра, поршнем и стенками цилиндра, может быть цельной (однообъемной) или разделенной — обычно у дизелей. У двигателей с верхним расположением клапанов в головке имеются для них гнезда; к головке крепятся впускные и выпускные каналы; имеются отверстия с резьбой для свечей зажигания бензиновых двигателей и отверстия для форсунок впрыска топлива у дизелей. Материал головки блока — алюминиевый сплав или чугун. Головка с блоком соединены болтами (или шпильками с гайками) через специальную прокладку, уплотняющую полости цилиндров. Прокладка изготовлена либо из металлического листа с асбестовыми пластинами, либо из асбестового картона с облицовкой тонким стальным или медным листом. Головку к блоку крепят с использованием динамометрического ключа с затяжкой крепежа в определенном порядке. Как правило, болты или гайки затягивают крест-накрест от середины к краям.

Цилиндры — направляющие элементы поршней кривошипно-шатунного механизма. Блок-картер может быть выполнен как единое целое с цилиндром или отдельно. Цилиндры изготавливают из высококачественного чугуна, стали или алюминиевых сплавов. Внутреннюю поверхность цилиндра тщательно обрабатывают и хромируют, что обеспечивает уменьшение потерь на трение и

улучшение уплотнения поршней. Цилиндры, изготавливаемые отдельно от блока, называются **гильзами**. Гильзы запрессовывают в отверстия блока установочным пояском в верхней плоскости, что позволяет гильзе при нагревании расширяться вниз, так как в верхней части крепится головка цилиндров. Нижняя часть гильзы уплотняется кольцами. Внешняя поверхность запрессованных в блок гильз может непосредственно омываться охлаждающей жидкостью, такие гильзы называют мокрыми.

Цилиндры двигателей воздушного охлаждения отливают со специальными ребрами на наружной поверхности для улучшения теплоотвода. На двигателях воздушного охлаждения цилиндры крепятся к верхней части блока совместно с головкой общими болтами или шпильками.

Цилиндры в блоке V-образных двигателей имеют некоторое смещение одного ряда относительно другого, так как на каждом кривошипе коленчатого вала крепятся два шатуна.

Поршень — основной элемент кривошипно-шатунной группы, воспринимающий давление газов во время рабочего хода, передающий через шатун усилие на коленчатый вал и осуществляющий другие такты работы двигателя. Поршень имеет форму цилиндрического стакана, установленного в цилиндре днищем в сторону камеры сгорания. Поршень имеет верхнюю утолщенную часть, которая называется головкой, и нижнюю, которая называется юбкой. На стенках головки поршня проточены канавки для размещения уплотнительных (компрессионных) и маслосъемных поршневых колец. Днище с внешней поверхности может быть плоским или фигурным (выпуклым, вогнутым или иметь полость сложной конфигурации, служащий дополнительным объемом камеры сгорания). Поршни с фигурными днищами применяют в основном на дизелях. Внутренняя часть днища поршня усилена ребрами. В переходной части от головки поршня к юбке имеются специальные приливы с отверстиями и выточками для установки поршневого пальца со стопорными кольцами. Юбка поршня имеет более тонкие стенки, непосредственно соприкасающиеся со стенками цилиндра и передающие на него боковые усилия. Зазор между поршнем и цилиндром очень мал, в связи с этим, для предотвращения заклинивания поршня в цилиндре при работе юбка придает овальную форму (овал большего радиуса в направлении оси поршневого пальца) и делают разрезы, в которые устанавливают вставки из металлов с малым коэффициентом линейного расширения. Для уменьшения инерционных сил и моментов, возникающих при движении поршня, поршни выполняют небольшой

массы. Материалом для поршней служат алюминиевые сплавы и чугун. По массе поршни в одном двигателе не должны отличаться более чем на 7...15 г.

Поршневые кольца служат для уплотнения поверхности цилиндра при движении поршня, не допуская прорыва газов в картер двигателя и попадания масла из картера в камеру сгорания. Поршневые кольца делятся на уплотнительные (компрессионные) и маслосъемные.

Компрессионные кольца (два или три) устанавливают в верхние канавки поршня. Диаметр колец несколько больше диаметра цилиндра для обеспечения более плотного контакта с поверхностью цилиндра. Кольца делают разрезными (разрез кольца называют замком), поэтому при установке поршня в цилиндр кольца будут пружинить. Зазор в замке имеет величину 0,2...0,6 мм и служит для компенсации теплового расширения кольца при работе поршня.

Обеспечение хорошей приработки компрессионных колец к поверхности цилиндра достигается применением колец с конусной поверхностью или трапециевидного поперечного сечения, а также скручивающихся колец. Трущуюся о цилиндр поверхность верхнего компрессионного кольца шлифуют и хромируют. Компрессионные кольца устанавливают в канавки поршня с зазором, поэтому при движении кольца будет наблюдаться скопление масла в канавке. С одной стороны, наличие масла обеспечивает смазывание поверхности цилиндра, уменьшая трение между поршнем и цилиндром, с другой стороны, масло будет попадать в камеру сгорания и образовывать нагар, ухудшающий работу кольца. Учитывая тяжелый режим и условия работы компрессионных колец, их изготавливают из высокосортного легированного чугуна.

Маслосъемные кольца (одно или два) предназначены для предотвращения попадания масла в камеру сгорания. Маслосъемные кольца имеют сквозные прорезы и устанавливаются в канавки поршня, также имеющие отверстия, по которым масло попадает во внутреннюю полость поршня. Маслосъемные кольца могут быть составными со специальными расширителями, обеспечивающими увеличение давления на стенки цилиндра. Кольца делают скребкового типа, работающими только при движении поршня к НМТ. Маслосъемные кольца устанавливают ниже компрессионных колец. Существуют специальные маслосъемные кольца дренажного типа, имеющие две прямоугольные узкие кромки, создающие для эффективного соскребания масла на поверхности цилиндра давление до 0,4 МПа.

Поршневой палец служит для шарнирного соединения поршня с шатуном. Палец трубчатого сечения устанавливается концами в бобышках поршня таким образом, что может свободно поворачиваться в шатуне и бобышках. Такие пальцы называются плавающими. Предотвращение осевого перемещения пальца в поршне осуществляется установкой в торцевой части стопорных пружинных колец. Поршневые пальцы изготавливают из высококачественной стали.

Элементы кривошипно-шатунного механизма, служащие для передачи усилия от поршня к коленчатому валу, образуют так называемую шатунную группу. Основу шатунной группы составляет шатун, соединяющий поршень с коленчатым валом и преобразующий возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. Шатун состоит из стержня, верхней (поршневой) и нижней (кривошипной) головок. Стержень имеет двутавровое сечение, его изготавливают штамповкой из легированной стали с последующей термической обработкой. В верхнюю головку запрессовывают бронзовую втулку, выполняющую роль подшипника. Во втулке имеются отверстия для подвода масла к трущимся поверхностям. Нижняя головка шатуна разъемная; плоскость разъема может быть перпендикулярной оси шатуна или выполненной под углом (35 или 55°). Крышка нижней головки крепится к шатуну двумя болтами из легированной стали, плотно подогнанными к отверстиям в шатуне и крышке. Отверстия в нижней головке и крышке растачивают совместно, поэтому крышки шатунов не взаимозаменяемы.

Для уменьшения трения в соединении шатуна с коленчатым валом в нижнюю головку шатуна устанавливают подшипники скольжения, выполненные в виде двух тонкостенных полуцилиндров. Они представляют собой тонкостенные вкладыши, изготовленные из стальной ленты толщиной 1...3 мм. Внутренняя поверхность вкладышей покрыта антифрикционным материалом толщиной 0,15...0,5 мм. В качестве антифрикционного материала в подшипниках применяют алюминиевые сплавы с большим содержанием олова, а также баббиты (биметаллические вкладыши). В сталеалюминиевых вкладышах между антифрикционным сплавом и стальной лентой помещен слой из чистого алюминия (триметаллические вкладыши). Триметаллические тонкостенные вкладыши между стальной лентой и наружным слоем баббита имеют подслой из порошкового материала, полученный спеканием со стальным основанием из медно-никелевого порошка при высокой температуре. При этом антифрикционный материал, наливаемый на сталь-

ную ленту, проникает в поры подслоя и соединяется с основанием вкладыша, что повышает долговечность подшипников. Внутренняя поверхность вкладышей плотно прилегает к поверхности шатунной шейки коленчатого вала, хотя вкладыши устанавливают без подгонки. Вкладыши фиксируют от проворачивания. Масло к трущимся поверхностям подводится через кольцевые проточки и отверстия во вкладышах.

V-образные двигатели могут иметь как отдельные шатунные узлы, соединяющие шатун с коленчатым валом, так и сочлененные. Сочлененные шатуны имеют одну общую шатунную головку, к которой один из шатунов крепится шарнирно с помощью пальца. У таких двигателей цилиндры одного ряда не смещены относительно другого в осевом направлении коленчатого вала.

Коленчатый вал в двигателе выступает основным преобразователем усилия поршня, передаваемого на него через шатун, в крутящий момент. Конструкция коленчатого вала имеет сложную форму, зависящую от числа и расположения цилиндров и порядка работы двигателя. Коленчатый вал состоит из коренных и шатунных шеек; щек, соединяющих шатунные и коренные шейки и образующих кривошип; противовесов, служащих для разгрузки коренных подшипников от центробежных сил, возникающих на кривошипах во время вращения вала; фланца для крепления маховика, и носка, на котором крепится шестерня привода газораспределительного и других механизмов.

Коренными шейками вал устанавливают в опорных узлах картера двигателя. Число коренных шеек у двигателей бывает различным, однако надежнее та конструкция двигателя, которая имеет большее число опор вала. В качестве подшипников на коренных шейках применяют тонкостенные износостойкие вкладыши, аналогичные вкладышам шатунных подшипников. Для удержания коленчатого вала от осевого смещения один из вкладышей коренных подшипников выполняют упорным.

Коренные и шатунные шейки в подшипниковых узлах должны интенсивно смазываться маслом. Масло подается под давлением к коренным подшипникам, а затем по специальным каналам в коренных шейках, щеках и шатунных шейках попадает к шатунным подшипникам. В шатунных шейках имеются грязеуловительные полости, в которые центробежными силами при вращении вала отбрасываются продукты износа подшипниковых узлов.

Коленчатые валы изготавливают методомковки или литьем из углеродистых и легированных сталей. Коренные и шатунные шей-

ки подвергают термической обработке, шлифовке и полировке. Затем вал тщательно балансируют.

Маховик обеспечивает равномерное вращение коленчатого вала и способствует преодолению сил сопротивления при сжатии в цилиндрах во время пуска двигателя и трогания с места. Маховик крепится к фланцу хвостовика коленчатого вала и представляет собой чугунный отбалансированный диск, на обод которого напрессован зубчатый венец. Внешняя плоскость маховика обрабатывается для установки сцепления.

Газораспределительный механизм предназначен для впуска в цилиндры двигателя свежего заряда (топливовоздушная смесь или воздух) и выпуска отработавших газов в соответствии с рабочим циклом. Следует также отметить, что газораспределительный механизм должен обеспечивать герметичность полости цилиндра при тактах сжатия и рабочего хода.

Поршневые двигатели легковых автомобилей оборудованы двух-, трех- и четырехклапанными (на одном цилиндре) газораспределительными механизмами. Механизмы могут выполняться с верхним или нижним расположением клапанов.

Газораспределительный механизм (рис. 1.3) состоит из следующих элементов: распределительный вал; впускные и выпускные клапаны с пружинами, крепежными и направляющими деталями; привод распределительного вала; устройства передачи перемещения от распределительного вала к клапанам.

Распределительный вал может иметь как нижнее, так и верхнее расположение. При нижнем расположении распределительный вал находится непосредственно в блок-картере и приводится во вращение от коленчатого вала посредством зубчатой передачи. Независимо от положения распределительного вала, передаточное отношение его привода должно равняться двум, т.е. распределительный вал вращается в два раза медленнее коленчатого вала.

Применение верхнеклапанных механизмов связано с увеличением высоты двигателя, и заметно снижает общую жесткость системы. Тем не менее, двигатели с внешним смесеобразованием (бензиновые, газовые) в настоящее время выполняют верхнеклапанными. Верхнеклапанное газораспределение снимает ограничения по степени сжатия, уменьшает гидравлическое сопротивление на впуске и позволяет более рационально компоновать камеры сгорания с размещением в головке цилиндров или в днище поршня, повышая этим общее использование теплоты в цилиндрах.

Распределительный вал состоит из опорных шеек и кулачков, воздействующих на клапаны через промежуточные передаточные

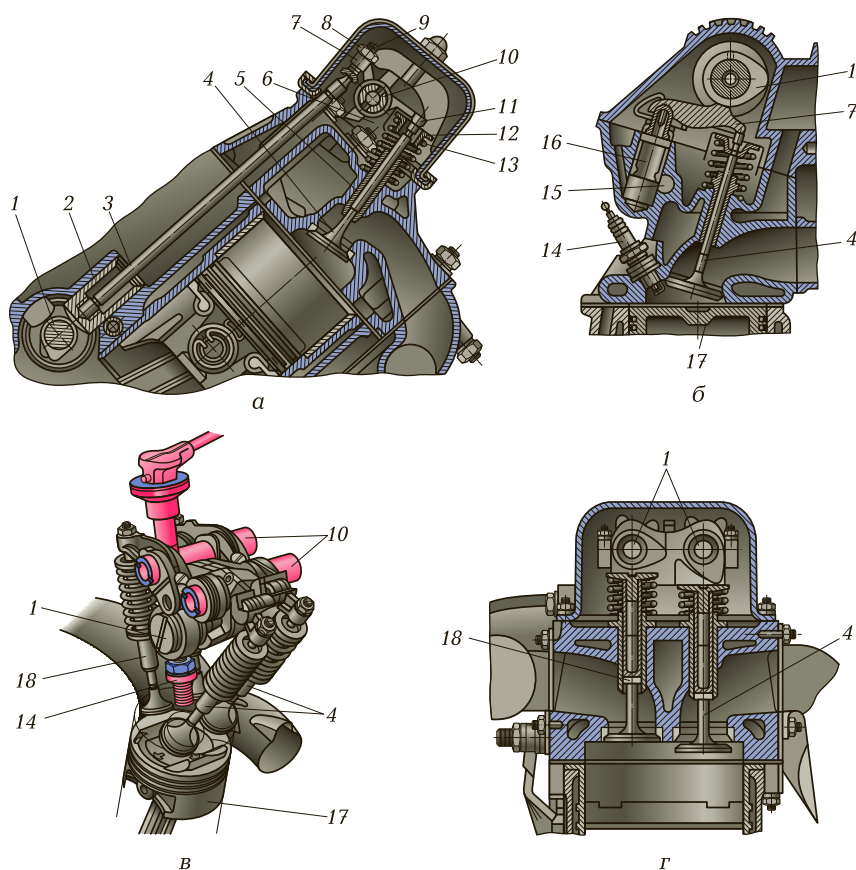


Рис. 1.3. Газораспределительные механизмы:

а — с нижним расположением распределительного вала; *б* — с гидравлическим толкателем (компенсатор теплового зазора); *в* — четырехклапанный механизм; *г* — с двумя распределительными валами; 1 — распределительный вал; 2 — толкатель; 3 — толкающая штанга; 4, 18 — соответственно впускной и выпускной клапан; 5 — направляющая втулка; 6 — кронштейн; 7 — коромысло; 8 — контргайка; 9 — регулировочный болт; 10 — ось коромысла; 11 — тарельчатая шайба; 12 — сухарь; 13 — пружина; 14 — свеча зажигания; 15 — канал подвода масла; 16 — гидравлический толкатель (компенсатор); 17 — поршень

устройства. При вращении вала его кулачки набегают на толкатели и штанги. Штанги поворачивают коромысла, воздействующие на клапаны, которые открываются. После прохождения кулачка распределительного вала детали передаточного устройства и клапаны под воздействием пружин возвращаются в первоначальное

положение. При этом пружина будет удерживать клапан в закрытом положении, пока вал с кулачком не сделает оборот.

Расположение кулачков на распределительном валу и их форма выбраны так, чтобы выпускные и впускные клапаны открывались и закрывались в строго определенные моменты согласно рабочему циклу двигателя. Период, в течение которого клапан открыт, называется **фазой клапана**. Фаза клапана измеряется в градусах угла поворота коленчатого вала, а величины этих углов уже рассматривались при анализе работы двигателя.

Распределительный вал верхнего расположения, как правило, находится в головке блока в непосредственной близости от клапанов. При таком расположении вала воздействие на клапаны может осуществляться как непосредственно от кулачка, так и через промежуточные передаточные устройства, однако в этом случае количество деталей передаточного устройства значительно сокращается. При верхнем расположении распределительного вала, в связи с его удалением от коленчатого вала на сравнительно большое расстояние, для привода распределительного вала используют цепную передачу, а на двигателях небольшой мощности — ременную передачу.

При работе двигателя детали газораспределительного механизма, головка блока и клапаны нагреваются и изменяют свои размеры. В связи с этим между торцом стержня клапана и концом коромысла (или кулачком), воздействующего на него, должен быть зазор. Этот зазор в зависимости от конструкции двигателя находится в диапазоне 0,15...0,40 мм, величина которого изменяется от теплового режима двигателя. Для двигателей, головка блока которых изготовлена из алюминиевых сплавов, зазор при прогревом двигателя больше, чем у холодного, так как коэффициент линейного расширения алюминиевых сплавов примерно в два раза больше, чем у стали. Если головка блока изготовлена из чугуна, то зазор у прогретого двигателя будет несколько меньше или останется на уровне величины холодного двигателя. Все это необходимо учитывать при проведении регулировок в процессе технического обслуживания двигателя. На ряде современных двигателей в газораспределительных механизмах используются гидравлические толкатели (рис. 1.3, б), применение которых исключает необходимость регулировки зазора, так как регулировка осуществляется автоматически.

Примером такого компенсатора тепловых зазоров может служить конструкция чашечного гидравлического толкателя (рис. 1.4). **Гидравлический толкатель** встроен в толкатель клапана и рас-

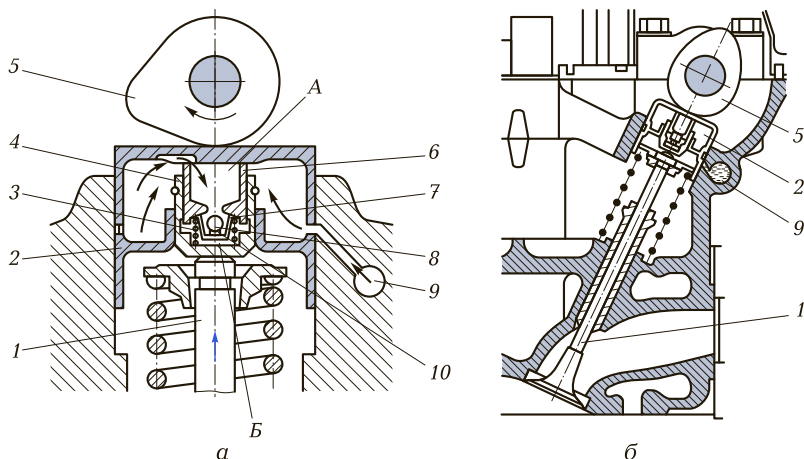


Рис. 1.4. Схема действия чашечного гидравлического толкателя (а) и гидравлический толкатель автомобиля «Дэу Нексия» (б):

1 — стержень клапана; 2 — корпус толкателя; 3 — пружина плунжера; 4 — гильза; 5 — кулачок распределительного вала; 6 — плунжер; 7 — стакан обратного клапана; 8 — обратный клапан; 9 — масляный канал; 10 — пружина обратного клапана; А, В — полости

положен между наконечником стержня клапана и дном толкателя, на который воздействует кулачок распределительного вала. К гидрокompенсатору подводится масло из смазочной системы двигателя.

Компенсатор работает следующим образом. В закрытом положении клапана корпус 2 толкателя и гильза 4 прижимаются соответственно к кулачку 5 распределительного вала и наконечнику стержня 1 клапана усилием пружины 3. Давление масла в полостях А и В одинаково, обратный клапан 8 прижат к седлу пружинной 10. Зазор между клапаном и кулачком распределительного вала отсутствует. При набегании кулачка 5 на корпус 2 толкателя последний воздействует на плунжер 6. Перемещение плунжера 6 в гильзе приводит к росту давления в запертой полости В. Под действием высокого давления происходят небольшие утечки масла через радиальный зазор между гильзой 4 и плунжером 6. Поскольку время воздействия кулачка на клапан мало, эти утечки практически не сказываются на синхронном движении корпуса 2 толкателя и гильзы 4, которые, двигаясь как единое целое, открывают клапан. В фазе закрытия клапана давление в полости В становится ниже давления в полости А, которая подпитывается маслом из

смазочной системы. Обратный клапан 8 открывается и пропускает масло в полость Б для восстановления беззазорного сопряжения деталей привода клапана.

Применение гидравлических толкателей обуславливает некоторые особенности эксплуатации автомобиля. Например, может наблюдаться повышенный шум клапанов после запуска двигателя. Такое явление считается нормальным, так как при неработающем двигателе из корпуса толкателя вытекло масло и требуется некоторое время, чтобы толкатели начали нормально работать.

При повышенном шуме клапанов на прогревом двигателе на холостом ходу и прекращающийся стук на больших оборотах может быть причиной загрязнения толкателя или дефектом обратного клапана. Повышенный шум на больших скоростях, пропадающий на малых, может вызываться попаданием в толкатели масляно-воздушной эмульсии при превышении уровня масла или засасыванием воздуха масляным насосом при недостаточном уровне масла и т. п.

Клапан с направляющей втулкой, пружиной и опорной шайбой образует клапанную группу газораспределительного механизма.

Клапан состоит из головки, тарелки и стержня. Диаметр тарелки впускных клапанов обычно больше тарелок выпускных, соответственно больше и их посадочные места — седла. Впускные клапаны работают в менее тяжелом температурном режиме по сравнению с выпускными, так как при такте впуска они охлаждаются горючей смесью или воздухом. Впускные клапаны изготавливают из хромистой, а выпускные из жаростойкой сталей. Каждый цилиндр двигателя имеет, как минимум, один впускной и один выпускной клапан. Однако, в настоящее время применяются двигатели с тремя (два впускных и один выпускной), с четырьмя (два впускных и два выпускных) и большим числом клапанов (см. рис. 1.3, в). На таких двигателях осуществляется более четкая регулировка состава горючей смеси и фаз газораспределения в зависимости от режима работы двигателя, что обеспечивает высокую экономичность и экологическую чистоту двигателя.

Например, при работе на низких оборотах один клапан остается закрытым, что позволяет обеспечить более стабильное горение обедненной горючей смеси. На средних и высоких оборотах коленчатого вала происходит изменение высоты подъема и времени открытия обоих впускных клапанов, что позволяет увеличить крутящий момент и мощность двигателя.

Направляющая втулка обеспечивает точную посадку клапана в седло. Стержень с втулкой имеет высокоточное сопряжение, обу-

словенное малым зазором, равным 0,05...0,12 мм. Направляющие втулки изготавливают из чугуна или металлокерамики, которая в силу некоторой пористости может быть пропитана смазкой, снижающей трение.

Пружина создает усилие, необходимое для закрытия клапана и плотной его посадки в седло. Пружина должна иметь такую жесткость, которая, с одной стороны, обеспечивала бы надежную посадку клапана в седло, а с другой — не создавала бы ударную нагрузку на седло клапана при его закрытии (т.е. не должна быть чрезмерной). В ряде случаев используют пружины меньшей жесткости, но на один клапан устанавливают по две пружины, имеющих разностороннюю навивку для исключения заклинивания клапана при поломке одной из пружин. Сдвоенные пружины снижают возможность возникновения резонансных колебаний. Аналогичное назначение имеют также пружины с переменным шагом витков.

Передача движения от кулачка распределительного вала к клапанам осуществляется через передаточный механизм, состоящий из толкателя, штанги и коромысла.

Толкатели передают осевое усилие от кулачков распределительного вала на штанги или стержни клапанов. Они могут быть различной формы и вида (плоские, грибовидные, цилиндрические, рычажные и др.). Рабочие поверхности толкателей упрочняют и шлифуют. Изготавливают толкатели из стали или чугуна.

Коромысла — двуплечие рычаги, передающие усилие на стержни клапанов. На одном конце коромысла ввернут регулировочный винт с контрвочной гайкой, предназначенный для регулировки зазора в газораспределительном механизме. На ряде двигателей вместо регулировочного винта применяется эксцентрик.

Распределительный вал имеет кулачки, приводящие в действие впускные и выпускные клапаны. Открытие клапана определяется высотой кулачка, а длительность открытия — фаза — зависит от профиля кулачка. Число кулачков равно числу клапанов, а их взаимное расположение определяется порядком работы цилиндров. При верхнем расположении распределительного вала в его теле рассверливается канал, по которому масло подается к подшипникам и кулачкам.

Все большее распространение получают системы регулирования фаз газораспределения с помощью ступенчатого изменения высоты подъема клапанов (избирательного открытия впуска топливной смеси). Такие системы позволяют повысить экономичность расхода топлива. Например, на двигателе объемом 3,6 л автомобиля Porsche используется устройство регулирования хода

клапанов «Вариокам» (Variocam). Устройство состоит из пластинчатого регулятора, воздействующего на распределительный вал (поворот до 20°), соответственно изменяющий по высоте положение толкателей впускных клапанов. На распределительном валу установлены кулачки, воздействующие на толкатели впускных клапанов в зависимости от режима работы двигателя. Толкатели имеют замкнутые гидравлические полости, соединенные со смазочной системой, и дополнительные пружины возврата. При работе на режиме частичной нагрузки включаются малые кулачки, поднимающие толкатели на небольшую величину (3,6 мм). При полной подаче топлива (режим максимальной нагрузки) регулятор воздействует на большие (наружные) кулачки. При повороте кулачков в гидравлическую полость толкателя поступает под давлением жидкость, которая сжимает дополнительную пружину толкателя и поднимает клапаны на полную высоту (порядка 11 мм). При такой работе газораспределительного механизма достигается экономия топлива до 10 % и значительно снижается токсичность отработавших газов.

Одним из диагностических факторов, позволяющим оценить исправность двигателя, является компрессия. **Компрессия** — это давление, которое создается в цилиндре в конце такта сжатия. Изменение компрессии в цилиндрах указывает на износ цилиндров, деталей поршневой группы, негерметичность клапанов или прокладки под головкой цилиндров. Компрессию проверяют специальным прибором — компрессометром.

1.6. КОНСТРУКЦИЯ СМАЗОЧНОЙ СИСТЕМЫ И СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

1.6.1. Смазочная система двигателя

Смазочная система предназначена для подачи масла к трущимся поверхностям деталей двигателя для уменьшения между ними трения и, соответственно, изнашивания, защиты от коррозии, удаления продуктов изнашивания и охлаждения. В качестве смазки применяют масла нефтяного производства и синтетические масла.

Моторные масла, применяемые для двигателей внутреннего сгорания, характеризуются вязкостью, смазывающей способностью (маслянистостью) и антикоррозионными свойствами. Для улучшения этих свойств к маслам добавляют специальные присад-

ки. По вязкости моторные масла разделяют на классы, для каждого из которых рекомендуется определенный температурный диапазон применения. Практически, обычно масла делят на зимние, обладающие малой вязкостью, летние, имеющие высокую вязкость, и всесезонные, вязкость которых имеет свойства, удовлетворяющие работу двигателя как в летних, так и в зимних условиях.

В двигателях применяют моторные масла марок М-8В₂, М-10В₁, М-10Г₂ и др. В обозначениях масел буква М обозначает моторное масло, цифра 8 или 10 указывает вязкость масла в сантистоксах (сСт) при 100 °С. Вязкость масла — одна из основных его характеристик, так как от нее зависит режим смазывания трущихся деталей и механические потери на трение. Цифра в марке масла показывает, во сколько раз вязкость масла больше вязкости воды. Более вязкие масла применяют летом. Буквы В, Г или Б (всего шесть групп по классификации масел) означают: Б — для малофорсированных двигателей, В — для среднефорсированных, Г — для высокофорсированных (т. е. для двигателей с различными степенями сжатия). Индексы 1 или 2 указывают, что масло применяют соответственно в бензиновых двигателях или дизелях. Другие буквы и цифры, добавляемые к марке, обозначают вид присадки.

Рассмотрим маркировку широко используемого гостированного всесезонного моторного масла. Всесезонные масла имеют двойное обозначение: первая цифра указывает на зимний класс, вторая — на летний. Цифры ниже, при указанном классе, обозначают загущенность масла присадками. Например, масло марки М-6₃/12-Е₁Д₂. Расшифровывается следующим образом: «М» — масло моторное; 6 — вязкость зимнего класса (для зимнего класса применяют цифры от 6 и ниже, для летнего класса — цифры выше 6); 12 — вязкость летнего класса; буква в индексе при 6 показывает наличие присадок; буквы «Е» и «Д» указывают уровень эксплуатационных свойств (свойства масел улучшаются от «А» к «Е»); цифры при буквах: 1 — для бензиновых двигателей, 2 — для дизелей. Отсутствие цифр при буквах означает, что масло пригодно для использования в обоих типах двигателей. В обозначении эксплуатационных свойств масла может быть указана как одна, так и две буквы. Если проставлены две буквы, то численный индекс первой указывает на тип двигателя, для которого данное масло предпочтительнее.

Основной недостаток минеральных масел — значительное изменение вязкости от температуры (чем ниже температура, тем больше вязкость масла). Вязкость синтетических масел меньше зависит от температуры. При эксплуатации отечественных и зарубежных автомобилей необходимо использовать для двигателя

только те масла, которые рекомендованы эксплуатационной документацией на автомобиль. Переход с одного моторного масла на другое, например, с минерального на синтетическое, требует, прежде всего, промывки двигателя, при этом необходимо учитывать длительность эксплуатации автомобиля, состояние и материал применяемых (установленных) уплотнительных элементов. Синтетические масла обладают высокой текучестью, поэтому на двигателях со старыми маслоотражательными колпачками, резиновыми кольцами и сальниковыми уплотнителями (особенно из войлочной набивки) будут наблюдаться интенсивные утечки масла.

Существует классификация зарубежных моторных масел API, ACEA и ILSAC.

API — разработка Американского института нефти, подразделяющая моторные масла на две категории: S — для четырехтактных бензиновых двигателей легковых автомобилей и C — для дизелей. Универсальные масла имеют обозначение для двух категорий, например APISG/CD или APISJ/CF, где в сочетаниях букв SG или SJ для бензиновых двигателей вторая буква указывает уровень эксплуатационных свойств. Для дизелей обозначение аналогичное.

ACEA — Европейская классификация ассоциации европейских производителей автомобилей содержит 12 классов и разделяет масла по трем категориям: A — для бензиновых двигателей легковых автомобилей; B — для дизелей легковых автомобилей и E — для дизелей грузовых автомобилей.

ILSAC — разработка Международного комитета по одобрению и стандартизации смазочных материалов (совместно с ассоциацией производителей автомобилей Японии) содержит три класса для бензиновых двигателей легковых автомобилей: GF-1, -2 и -3. Эта классификация используется в основном для японских автомобилей.

При применении масел иностранного производства следует руководствоваться некоторыми существующими международными понятиями. Вязкость определяется по единой мировой системе, разработанной американским Обществом автомобильных инженеров Society of Automotive Engineers (SAE). Поэтому буквы SAE, стоящие на этикетках емкостей с маслом, означают, что последующие цифры характеризуют вязкость данного сорта масла. Буква W (Winter) ставится в обозначении зимних сортов. В летних сортах масел никаких букв нет. В холодных условиях мотор запускается зимним маслом, а в рабочем режиме оно остается вязким, как летнее. Эти свойства непосредственно отражены в маркировке вяз-

кости универсальных сортов: на этикетке после букв SAE сначала следует зимний показатель — именно так масло ведет себя на холоде, а затем летний — такова вязкость масла при температуре 100 °С. Между двумя обозначениями ставят черточку или знак дроби (например, 15W-40). Примерное соответствие некоторых классов всесезонных масел по отечественному обозначению и SAE представлено ниже:

Россия	3 _з /8	4 _з /6;	4 _з /8	4 _з /10	5 _з /10;	5 _з /12	6 _з /10-12	6 _з /14-16
SAE	5W-20	10W-20	10W-30	15W-30	15W-40	20W-40		

Для современных двигателей применяют минеральные HD-масла, которые представляют собой легированные масла, свойства которых существенно улучшены путем введения различных химических материалов. Эти добавки повышают коррозионную защиту двигателя, замедляют процесс окисления масла, препятствуют образованию шлама в картере коленчатого вала, способствуют поддержанию стабильной вязкости, обладают очищающими и растворяющими свойствами.

Качество моторного масла HD определяется системой API (API: American Petroleum Institute). Обозначение содержит две буквы. Первая буква указывает область применения масла: S — Service (масло предназначено для бензиновых двигателей); C — Commercial (для дизельных двигателей). Вторая буква характеризует качество масла в порядке алфавита. Высшее качество согласно API имеет масло с обозначением SH, предназначенное для бензиновых двигателей, и CD — для дизелей. Внимание: масло CD нельзя применять для бензиновых двигателей. Есть масла, которые одновременно можно применять как для дизелей, так и для бензиновых двигателей. В этом случае в обозначении масла содержатся обе пары букв (например, SF/CD).

Европейские изготовители масел поставляют масла с обозначением CCMC. Масла для бензиновых двигателей в зависимости от их качества имеют обозначения от CCMC-G1 до CCMC-G5. Для дизелей легковых автомобилей применяют масло CCMC-PD1 и масло высокого качества CCMC-PD2.

В зависимости от способа подачи масла к трущимся поверхностям различают смазочные системы разбрызгиванием, под давлением и комбинированную. У автомобильных двигателей применяется комбинированная смазочная система: под давлением от специального насоса и разбрызгиванием. Наиболее нагруженные детали (коренные и шатунные подшипники, подшипники распределительного вала, коромысла клапанов, подшипники валов при-

вода масляного и топливного насосов) смазываются под давлением, остальные детали, например, стенки цилиндров и поршней, кулачки распределительного вала, стержни клапанов и т.п. смазываются разбрызгиванием. На ряде двигателей разбрызгиванием смазываются и поршневые пальцы. Масло разбрызгивается вращающимися и перемещающимися деталями. При этом в пространстве картера образуется масляный туман из мельчайших частиц масла, которые проникают в зазоры между трущимися поверхностями и осаждаются на деталях, предотвращая их коррозию. Осевшее на деталях и стенках картера масло стекает в поддон.

Составными элементами смазочной системы являются шестеренный масляный насос с редукционным клапаном, полнопоточный масляный фильтр с перепускным клапаном, маслоприемник с фильтром грубой очистки масла, масляный картер (поддон двигателя) со сливной пробкой, маслоналивная горловина, система масляных каналов в блоке и головке цилиндров, коленчатом и распределительном валах, маслоизмерительный щуп и система вентиляции двигателя.

Смазывание двигателя осуществляется, как правило, по следующей схеме (рис. 1.5). Масляный насос всасывает масло через приемный фильтр в масляном картере и подает его в главный масляный фильтр. На нагнетающей стороне насоса стоит предохранительный клапан. При превышении давления масло сливается через клапан обратно в картер. После главного фильтра масло поступает в главную масляную магистраль. При засорении перепускной клапан направляет его в магистраль неочищенным. Четырехцилиндровый двигатель имеет в масляном фильтре обратный клапан, который препятствует стеканию масла из масляных каналов назад и опорожнению гидротолкателей механизма газораспределителя. Шестицилиндровый двигатель имеет два обратных клапана, которые размещены в блоке цилиндра между головками цилиндров. От главной масляной магистрали идут ответвления для смазывания подшипников коленчатого вала. Через наклонные каналы в коленчатом валу масло поступает в шатунные подшипники, оттуда к пальцу поршня и в цилиндр. Одновременно масло через трубопроводы поступает к подшипникам распределительного вала и гидротолкателям.

Большинство легковых автомобилей оборудованы **масляными шестеренными насосами** с внешним зацеплением (автомобили «БМВ», «Мерседес», ВАЗ и др.). Ведомая шестерня 2 насоса (рис. 1.6) свободно вращается на оси, а ведущая шестерня 3 жестко закрепле-

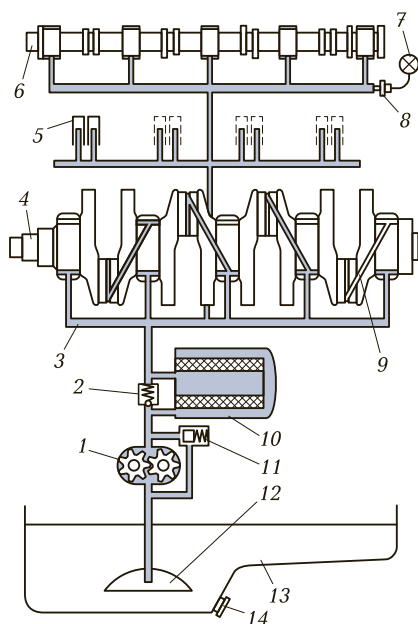


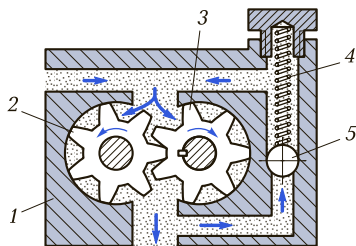
Рис. 1.5. Схема смазочной системы двигателя:

1 — масляный насос; 2 — перепускной клапан; 3 — главная масляная магистраль; 4 — коленчатый вал; 5 — гидравлический толкатель; 6 — распределительный вал; 7 — сигнализатор давления; 8 — датчик давления масла; 9 — масляные каналы в коленчатом валу; 10 — полнопоточный масляный фильтр; 11 — предохранительный (редукционный) клапан; 12 — маслоприемник с фильтром грубой очистки масла; 13 — поддон картера; 14 — пробка для слива масла

на на валу, шлицами связанного с шестерней или шкивом привода масляного насоса. Большое количество легковых автомобилей имеют в масляной системе насос с внутренним трохоидальным зацеплением, позволяющим повысить КПД и производительность насоса по сравнению с эвольвентным зацеплением шестерен. Такие насосы в масляной системе имеют автомобили ВАЗ, «Дэу Нексия», ряд автомобилей японского производства и др. Все масляные насосы имеют предохранительный (редукционный) клапан, обеспечивающий защиту масляной системы от повышения давления при увеличении частоты вращения коленчатого вала. При превышении давления, заданного конструкторской документацией, редукционный клапан открывается, преодолевая сопротивление пружины, и часть масла возвращается во впускную полость насоса, тем самым снижая давление в системе. При нормальных частотах вращения коленчатого вала

Рис. 1.6. Схема работы шестеренного масляного насоса:

1 — корпус масляного насоса с наружным зацеплением шестерен; 2, 3 — соответственно ведомая и ведущая шестерня; 4 — пружина редукционного клапана; 5 — клапан; — — направление вращения шестерен; ➡ — направление движения масла



давление в масляной системе бензиновых двигателей составляет 0,3...0,5 МПа, дизелей — 0,4...0,7 МПа.

Для очистки масла от продуктов изнашивания и других загрязнений в систему устанавливают, как правило, **неразборный полнопоточный масляный фильтр** (через фильтр проходит все масло, подаваемое насосом). В случае сильного загрязнения фильтрующего элемента в фильтре открывается перепускной клапан, обеспечивая подачу неочищенного масла, минуя фильтр, в главную масляную магистраль. Перепускной клапан обеспечивает также и исключение падения давления масла в главной масляной магистрали при засорении фильтра. Фильтрующие элементы в фильтре изготавливают из пористых материалов: бумаги, пористого картона и синтетических веществ.

Рассмотренная смазочная система является обычной, называемой, в ряде случаев, с «мокрым» картером — т.е. все масло находится в картере. В некоторых высокофорсированных двигателях специальных и спортивных автомобилей применяют смазочную систему с «сухим» картером. Такая система гарантирует, что при резких маневрах на больших скоростях или при наклонах автомобиля, когда масло может переместиться к одной из стенок картера, маслозаборник не окажется выше уровня масла. Это обеспечивается установкой дополнительного масляного бака и насоса, который постоянно перекачивает масло из картера в дополнительный бак и затем под давлением подает в смазочную систему двигателя.

В процессе работы двигателя из надпоршневого пространства в картер прорываются газы, называемые картерными. Картерные газы содержат значительное количество несгоревшего топлива и других химически активных продуктов окисления, вызывающих коррозию деталей, загрязнение и разжижение масла. Для поддержания нормального давления в картере и удаления картерных газов в двигателях устроена **система вентиляции картера** путем принудительного отсоса газов с исключением их выхода в атмо-

сферу. Такая система называется закрытой. Картерные газы удаляются во впускной тракт или в задрессельное пространство, используя при этом разрежение на срезе эжекционной трубки, обтекаемой потоком всасываемого воздуха. На ряде двигателей на пути картерных газов устанавливают маслоотражатель. Для удаления газов в задрессельное пространство в системе вентиляции применяют специальные устройства, регулирующие интенсивность отсоса: например, на двигателях автомобилей ВАЗ отсос картерных газов в смесительную камеру регулируется с помощью специального золотника, расположенного на оси дроссельных заслонок карбюратора; на двигателе автомобиля «Дэу Нексия» регулировку осуществляет клапан вентиляции картера, сечение которого для прохода картерных газов увеличивается при небольшом разрежении во впускном трубопроводе и уменьшается при высоком разрежении. Такая система позволяет поддерживать устойчивые обороты холостого хода двигателя, когда закрыта дроссельная заслонка — поступление картерных газов во впускной трубопровод уменьшается. При увеличении количества картерных газов часть их отводится по вентиляционному шлангу в воздухоочиститель. Например, на двигателях переднеприводных автомобилей ВАЗ картерные газы по вытяжному шлангу поступают в специальную камеру очистителя, где происходит отделение от газов масла. При этом газы в одном случае поступают в задрессельное пространство через карбюратор, а в другом — по шлангу в воздушный фильтр, минуя фильтрующий элемент.

Вентиляция дизеля автомобиля «Форд» осуществляется через калиброванные отверстия в специальной трубке на впускном коллекторе, а вентиляция бензиновых двигателей может производиться через клапан, установленный в нижней части воздушного фильтра, или через вентиляционный клапан, установленный на корпусе кривошипно-шатунного механизма и соединенный шлангом с впускным коллектором.

1.6.2. Система охлаждения двигателя

Система охлаждения представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих отвод теплоты от нагретых деталей двигателя и поддерживающих требуемый температурный режим для его нормальной работы. Перегрев двигателя вызывает потерю мощности из-за ухудшения наполнения цилиндров рабочей смесью, возникновения преждевременного самовоспламенения смеси, повышение износа деталей за счет выгорания масла между

трущимися поверхностями и др. С другой стороны, переохлаждение двигателя приводит к неполному сгоранию тяжелых фракций топлива, способствующему образованию нагара, конденсации топлива на стенках цилиндра и в результате — разжижению смазки, что увеличивает износ трущихся деталей и снижает мощность двигателя.

К системе охлаждения предъявляют следующие требования: автоматическое поддержание температурного режима двигателя (независимо от режима его работы и внешних условий); быстрый прогрев двигателя до рабочих режимов; длительное сохранение температуры двигателя после его остановки; малые энергетические затраты, обусловленные приводом элементов системы охлаждения; небольшие масса и габаритные размеры при приемлемой стоимости производства и эксплуатации.

На легковых автомобилях предусмотрена принудительная система охлаждения с отводом теплоты от стенок и головки цилиндра с помощью жидкости или воздуха. Большинство автомобилей имеют **жидкостную систему охлаждения**, обеспечивающую интенсивный и равномерный теплоотвод, снижение рабочей температуры деталей. Двигатель с жидкостной системой охлаждения менее шумный, выдерживает кратковременные перегрузки, за счет прогрева впускного трубопровода в нем улучшается смесеобразование, а также обеспечивается удобство отопления салона. К недостаткам жидкостной системы охлаждения можно отнести возможность потери герметичности, приводящую к утечкам охлаждающей жидкости, перегреву двигателя и выходу его из строя.

Система воздушного охлаждения меньше подвержена повреждениям и более проста в эксплуатации, но нуждается в интенсивном воздушном потоке. Двигатель с воздушным охлаждением имеет небольшую жесткость и повышенную шумность.

Поскольку жидкостная система охлаждения имеет более широкое применение, будем рассматривать конструктивные особенности только этой системы (рис. 1.7).

Система охлаждения обеспечивает автоматическое поддержание требуемого теплового режима двигателя на всех скоростных и нагрузочных режимах, а также быстрый прогрев двигателя до рабочей температуры. В жидкостную систему охлаждения входят пустотелые области блок-картера и головки цилиндров («водяные рубашки»); радиатор (теплообменник); жидкостный насос; распределительные трубопроводы; термостат и температурный датчик; вентилятор. Для компенсации изменения объема охлаждающей жидкости при ее подогреве и охлаждении в системе имеется рас-

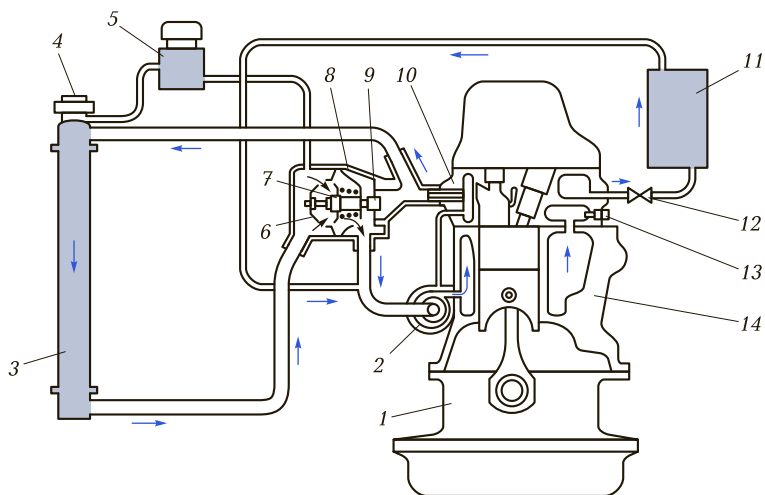


Рис. 1.7. Система охлаждения двигателя:

1 — двигатель; 2 — жидкостный насос; 3 — радиатор (теплообменник); 4 — пробка; 5 — расширительный (компенсационный) бачок; 6 — термостат; 7 — термочувствительный элемент; 8, 9 — соответственно перепускной и основной клапан; 10 — головки цилиндров; 11 — радиатор отопительной системы салона; 12 — кран отопителя; 13 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 — блок цилиндров («рубашка» двигателя)

ширительный бачок, постоянно соединенный с радиатором. Он служит также для предотвращения образования паровых пробок.

Жидкостные системы охлаждения двигателя, применяемые на легковых автомобилях, по своим функциональным схемам аналогичны и имеют идентичные элементы конструкции.

Жидкостный насос приводится во вращение от коленчатого вала двигателя и создает в системе циркуляцию жидкости. Система имеет два круга циркуляции жидкости: малый, движение жидкости по которому ограничивается «рубашкой» двигателя и насосом, и большой круг, включающий в себя движение жидкости и через радиатор.

На ряде двигателей используется так называемая закрытая система охлаждения, у которой может отсутствовать на радиаторе наливная горловина. В такой системе образуется избыточное давление, которое обуславливает повышение температуры кипения жидкости до $105...110^{\circ}\text{C}$, что, в свою очередь, снижает возможность появления в жидкости пузырьков воздуха и пара и повышает эффективность охлаждения.

Для более интенсивного теплообмена жидкости в радиаторе применяется **вентилятор**, обеспечивающий обдув радиатора скоростным потоком воздуха. Вентилятор может работать как в принудительном режиме вращения с приводом от коленчатого вала, так и в автономном режиме, в зависимости от температуры охлаждающей жидкости в радиаторе, с приводом от электродвигателя, питаемого от генератора. Включение вентилятора в этом случае осуществляется **температурным датчиком** с биметаллической пластиной, воздействующей на контакт при определенной температуре охлаждающей жидкости. Температурный датчик установлен в одной из полостей радиатора или в самом двигателе.

Жидкостные насосы, применяемые в двигателях, могут быть различных типов. Наибольшее использование на автомобилях получили центробежные крыльчатые насосы, в некоторых конструкциях объединенные в один агрегат с вентилятором.

В качестве регулятора циркуляции жидкости по малому или большому кругу выступает **термостат** (рис. 1.8), который разме-

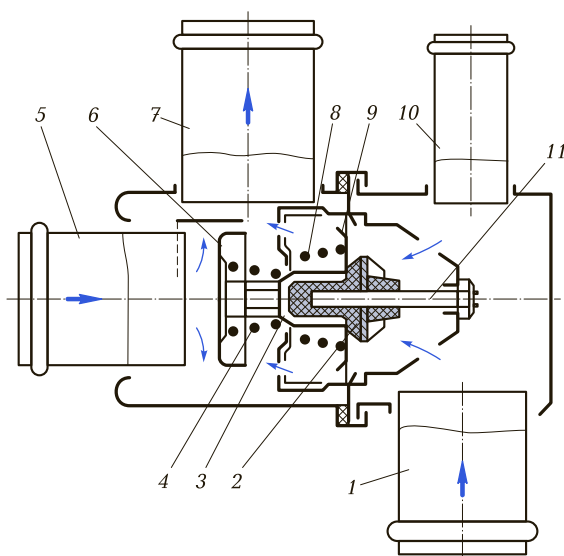


Рис. 1.8. Схема действия термостата:

1 — входной патрубок от радиатора; 2 — резиновая вставка; 3 — термочувствительный элемент; 4 — пружина перепускного клапана; 5 — входной патрубок из «рубашки» охлаждения двигателя; 6 — перепускной клапан; 7 — отводящий патрубок к насосу; 8 — пружина основного клапана; 9 — основной клапан; 10 — патрубок от расширительного бачка; 11 — стержень

щают в патрубке или канале, соединяющем радиатор с «рубашкой охлаждения». При низкой температуре двигателя (температура охлаждающей жидкости ниже 70°C), что бывает в период пуска, клапан термостата закрыт и жидкость направляется из охлаждающих полостей двигателя к насосу. Этим достигается быстрый прогрев двигателя. При повышении температуры жидкости термостат начинает открываться и поток жидкости поступает в радиатор, где жидкость проходит по большому количеству трубок и в результате интенсивного теплообмена с окружающей средой охлаждается и возвращается во всасывающую полость насоса. Чем выше температура жидкости в «рубашке», тем больше степень открытия клапана термостата и тем больше жидкости поступает в радиатор. Таким образом поддерживается требуемый температурный режим работы двигателя, при этом температура охлаждающей жидкости находится в диапазоне $80 \dots 100^{\circ}\text{C}$.

Термостат может быть одно- и двухклапанным с жидкостным или твердого наполнения термосиловым элементом. Термостат, представленный на рис. 1.8, двухклапанный, неразборный с твердым термосиловым элементом. Твердый наполнитель — церезин (кристаллический воск) — обладает большим коэффициентом теплового расширения. Внутри воскового наполнителя имеется резиновая вставка со стержнем. Стержень закреплен в стойке основного клапана, который прижимается пружиной к седлу. На стойке основного клапана установлен дополнительный (перепускной) клапан с пружиной. Термостат имеет два входных, выходной и дополнительный патрубки. При температуре охлаждающей жидкости ниже $70 \dots 80^{\circ}\text{C}$ основной клапан закрыт, а перепускной открыт, поэтому жидкость будет циркулировать по малому кругу: от центробежного насоса в головку цилиндров и блок-картер двигателя. По мере нагрева охлаждающей жидкости воск в термостате плавится и, расширяясь, перемещает основной и перепускной клапаны. При этом основной клапан отходит от седла, давая возможность жидкости поступать в радиатор, а перепускной клапан перекрывает трубопровод, обеспечивая таким образом циркуляцию жидкости по большому кругу. Система охлаждения имеет трубопроводы подвода жидкости к впускному патрубку системы питания топливом для подогрева горючей смеси и к системе отопления салона.

Радиатор — основной теплообменный аппарат, обеспечивающий отвод теплоты от жидкости. Радиатор состоит из входного и выходного коллекторов и сердцевины, которая представляет собой набор нескольких рядов трубок (пластины или соты) из меди,

латуни или алюминиевого сплава. На радиаторах, имеющих наливную горловину, и на расширительных (компенсационных) бачках (при отсутствии наливной горловины на радиаторе) размещен паровоздушный клапан. Он обеспечивает поддержание необходимого избыточного давления в системе, а также допускает проход атмосферного воздуха при разрежении. Паровой клапан открывается при давлении в системе 0,11...0,15 МПа. Воздушный клапан впускает в систему воздух при небольшом разрежении в системе. Давления, при которых открываются клапаны, обеспечиваются подбором жесткости клапанных пружин.

1.7. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ И ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

1.7.1. Системы питания бензиновых двигателей

Общие сведения. Применяемое для двигателей топливо — бензин — представляет собой смесь углерода с водородом, имеющую температуру кипения до 200 °С, и различные присадки, повышающие ее эксплуатационные свойства. Характеристика бензина определяется **октановым числом** — показателем стойкости бензина к детонации. Октановое число указано в марке бензина: например, АИ-92, где октановое число равно 92.

Детонация — самовоспламенение бензовоздушной смеси, сопровождающееся горением взрывного характера. Типичные признаки детонации: хлопок газов, сопровождающийся дымлением отработавших газов, характерные металлические стуки, вибрация, падение мощности двигателя и увеличение расхода топлива.

Система питания бензиновых двигателей топливом предназначена для подготовки горючей смеси определенного состава, подачи ее в цилиндры и отведения отработавших газов. В соответствии с назначением система питания включает в себя топливный бак, топливный фильтр, топливный насос, систему подготовки смеси воздуха с топливом в составе, соответствующем режиму работы двигателя, и подачи смеси в цилиндры, впускной и выпускной трубопроводы и топливопроводы.

В настоящее время существуют две системы приготовления горючей смеси: карбюраторная и с впрыском топлива.

Карбюраторная система приготовления горючей смеси. Наиболее широкое распространение получили поплавковые всасывающие карбюраторы, работа которых основана на всасывании топлива и воздуха при разрежении, возникающем в цилиндре при первом такте — впуске. При этом в карбюраторе приготавливается топливовоздушная смесь в определенной пропорции, зависящей от режима работы двигателя.

Пропорция бензина и воздуха в топливной смеси оценивается **коэффициентом избытка воздуха α** , представляющим собой отношение действительного количества воздуха в смеси, содержащей 1 кг топлива, к теоретически необходимому его количеству для обеспечения полного сгорания. Для нормальной смеси $\alpha = 1$ (на 1 кг бензина приходится 15 кг воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания бензина). При большем количестве воздуха смесь может быть обедненной $\alpha = 1,1 \dots 1,15$ и бедной $\alpha \geq 1,2$ (воздуха более 17 кг); при количестве воздуха в смеси менее 15 кг на 1 кг топлива смесь будет обогащенной $\alpha \leq 0,85 \dots 0,9$ или богатой $\alpha \leq 0,9$ (воздуха менее 13 кг). Смеси с $\alpha > 1,4$ — переобедненные — и с $\alpha < 0,4$ — переобогащенные — утрачивают способность к воспламенению от электрической искры.

Наилучшим составом смеси, обеспечивающим ее быстрое сгорание и позволяющим развить двигателю максимальную мощность, является смесь с $\alpha = 0,8 \dots 0,9$. Наибольшая экономичность работы двигателя достигается при работе на обедненной смеси с $\alpha = 1,1$. При работе двигателя на обогащенной смеси обеспечивается пуск двигателя, а при движении двигатель может развить наибольшую мощность. Однако в таких случаях значительно увеличивается расход топлива. При работе на богатой смеси топливо сгорает не полностью, мощность двигателя снижается, а расход топлива увеличивается. При работе двигателя на бедной смеси будет наблюдаться также падение мощности, а работа двигателя будет неустойчивой.

Топливные баки автомобилей с бензиновыми двигателями и дизелями существенных отличий не имеют. Для увеличения жесткости бака и уменьшения колебаний в нем топлива при движении автомобиля внутри бака размещены перегородки. Все баки имеют дренажные системы, обеспечивающие связь с атмосферой и выпуск паров топлива при высокой температуре. Баки оборудованы системой контроля топлива поплавкового типа.

Большое распространение на легковых автомобилях получили устройства в топливной системе, предотвращающие выход паров бензина в атмосферу. На отечественных автомобилях установлен

сепаратор, в который поступают по специальной трубке пары топлива; конденсируясь в сепараторе, они сливаются по этой же трубке обратно в бак. На ряде автомобилей зарубежного производства (например, «Дэу Нексия») имеются специальные системы, работа которых основана на поглощении паров бензина активированным углем (адсорбентом). Пары топлива по специальному трубопроводу отводятся в бачок для сбора паров, в котором находится адсорбент. При работе двигателя происходит регенерация адсорбента за счет продувки бачка свежим воздухом. Пары бензина вместе с продувочным воздухом поступают во впускной трубопровод и далее в цилиндры двигателя, где сгорают.

Топливный насос бензиновых карбюраторных двигателей предназначен для подачи топлива из бака в поплавковую камеру карбюратора. Обычно применяется насос диафрагменного типа с приводом от эксцентрика распределительного вала. Работа насоса основана на возвратно-поступательном движении диафрагмы, всасывающей топливо из бака и нагнетающей его в карбюратор. В корпусе насоса имеется полость для топлива, впускной и нагнетательный клапаны. Подача топлива из насоса в карбюратор осуществляется под небольшим давлением, не превосходящем 0,15 МПа.

Топливная система оборудована **фильтрами тонкой очистки топлива**. Фильтры, как правило, неразборные с бумажным фильтрующим элементом; установлены перед топливным насосом, а во многих случаях и после насоса. Фильтры — разового использования и подлежат замене после определенного пробега автомобиля (при использовании отечественного топлива — через 15 000... 25 000 км).

Воздух, поступающий в двигатель для образования топливовоздушной смеси, проходит через специальный **воздухоочиститель**, предотвращающий попадание в цилиндры вместе с воздухом механических примесей. На легковых автомобилях применяют воздухоочистители с сухим сменным фильтрующим элементом (изготовлен из специального фильтровального картона), который помещен в специальный корпус. В ряде случаев для увеличения пылеемкости фильтрующего элемента с наружной его стороны устанавливают предочиститель из синтетической ваты. Корпус воздухоочистителя имеет воздухозаборник холодного и горячего воздуха, между которыми установлен терморегулятор, позволяющий регулировать подачу во впускной трубопровод двигателя холодного или подогретого воздуха в зависимости от погодных условий. Терморегулятор может быть ручного или автоматического регулирования. При автоматическом регулировании термосило-

вой элемент (при пониженных температурах) устанавливает заслонку в положение, обеспечивающее забор подогретого воздуха из зоны выпускного трубопровода двигателя, при повышении температуры окружающей среды заслонка устанавливается в положение, при котором воздух в двигатель поступает непосредственно из внешней среды. В корпусе воздухоочистителя имеются специальные каналы для отсоса картерных газов системы вентиляции двигателя.

Карбюратор — прибор, в котором происходит образование горючей смеси необходимого состава для обеспечения работы двигателя на том или ином режиме работы. Наибольшее применение на всех легковых автомобилях нашли карбюраторы эмульсионного типа с падающим потоком, одно- или двухкамерные с последовательным открытием дроссельных заслонок. Карбюраторы, устанавливаемые на автомобилях, отличаются отдельными параметрами, обусловленными рабочим объемом двигателя и некоторыми техническими элементами, вводимыми для повышения экономических и экологических характеристик двигателя. В основе, карбюратор состоит из одной или двух смесительных камер, большого количества каналов с калиброванными отверстиями (жиклерами), по которым подается топливо и воздух, поплавковой камеры и специальных устройств, управляющих изменением состава смеси в зависимости от режима работы двигателя. Конструкцию и работу карбюратора можно рассмотреть на примере моделей типа «Солекс», «Озон» или «Вебер», практически имеющих системы аналогичного функционального назначения.

Карбюратор расположен на впускном трубопроводе, через его смесительные камеры (в зависимости от степени открытия дроссельных заслонок, отделяющих смесительные камеры от впускного трубопровода) подается горючая смесь определенной концентрации. Чем больше открыты дроссельные заслонки, тем больше нагрузка двигателя при одной и той же частоте вращения коленчатого вала.

Первая камера двухкамерного карбюратора с последовательным открытием дроссельных заслонок обеспечивает работу двигателя на малых и средних нагрузочных характеристиках с экономичным режимом расхода топлива и малой токсичностью отработавших газов. Вторая камера работает совместно с первой, обеспечивая работу двигателя на максимальной мощности. Для приготовления различного состава горючей смеси карбюратор имеет две главные дозирующие системы, переходную систему и систему холостого хода с электромагнитным запорным клапаном

первой камеры, переходную систему второй камеры, эконостат, экономайзер мощностных режимов, диафрагменный ускорительный насос, диафрагменное пусковое устройство и экономайзер принудительного холостого хода (вступает в действие при торможении двигателем или переключении передач) с электромагнитным запорным клапаном.

Главные дозирующие системы карбюратора приготавливают горючую смесь на малых и средних нагрузочных режимах двигателя. Топливо поступает из колодца поплавковой камеры, проходит через главные топливные жиклеры и соединяется с воздухом, поступающим через главные воздушные жиклеры с эмульсионными трубками. Образовавшаяся горючая смесь поступает в распылители, малые и большие диффузоры и смесительную камеру. Поступление топлива из поплавковой камеры и воздуха осуществляется под действием разрежения в цилиндре двигателя, в результате которого при открытии дроссельной заслонки топливная смесь засасывается в цилиндр. Дозировка топлива и воздуха в главной дозирующей системе обеспечивается автоматически главными топливными и воздушными жиклерами и эмульсионной трубкой.

Дроссельная заслонка второй камеры механически связана с дроссельной заслонкой первой камеры таким образом, что ее открытие начинается только после поворота дроссельной заслонки первой камеры на $2/3$. Главная дозирующая система второй камеры работает аналогично первой. Количество смеси, поступающей в двигатель, регулируется величиной открытия дроссельных заслонок.

Экономайзер мощностных режимов обогащает горючую смесь при уменьшении разрежения во впускном трубопроводе в результате поворота дроссельных заслонок на большой угол. При значительном открытии дроссельных заслонок диафрагма прогибается, позволяя открыться под действием пружины шариковому клапану. При этом топливо через жиклер по каналу дополнительно поступает в эмульсионный колодец главной дозирующей системы первой камеры, обогащая горючую смесь.

Эконостат состоит из дополнительного канала с жиклером и впрыскивающей трубки, подающей дополнительную порцию топлива только во вторую смесительную камеру при полном открытии дроссельных заслонок и максимальной частоте вращения коленчатого вала.

Ускорительный насос обогащает горючую смесь при резком открытии дроссельной заслонки для обеспечения хорошей приемистости автомобиля.

Система холостого хода приготавливает обогащенную горючую смесь для обеспечения устойчивой работы двигателя на малых оборотах при закрытой дроссельной заслонке. Под действием разрежения под дроссельной заслонкой первой камеры топливо из поплавковой камеры поступает по каналу к топливному жиклеру, а воздух поступает через жиклер. Образовавшаяся эмульсия по каналу подается под дроссельную заслонку, дополнительно подсасывая воздух через щели между дроссельной заслонкой и корпусом смесительной камеры. Качество (состав) и количество подаваемой смеси регулируется винтами на корпусе карбюратора. При начале движения дроссельная заслонка открывается, разрежение под ней падает и подача смеси по дополнительному каналу прекращается. При выключении зажигания электромагнитный клапан, устанавливаемый на карбюраторах, перекрывает иглой жиклер канала и исключает работу системы холостого хода при выключенном зажигании.

Переходные системы первой и второй камер обеспечивают плавный переход в момент открытия дроссельной заслонки первой камеры и при подключении второй.

Экономайзер принудительного холостого хода отключает систему холостого хода во время торможения двигателем, движения под уклон и при переключении передач. На двигателях ряда автомобилей эта система имеет электронный блок управления, концевой выключатель, приводимый в действие рычагом привода дроссельной заслонки, и электромагнитный клапан с запорной иглой, перекрывающей жиклер подачи топлива в систему холостого хода. В электронный блок поступает информация о положении дроссельной заслонки и частоте вращения коленчатого вала. Электронный блок в зависимости от частотного диапазона вращения коленчатого вала подает сигнал на электромагнитный клапан, перекрывающий подачу топлива в систему холостого хода при увеличении оборотов и возобновляющий подачу топлива при оборотах ниже заданных. Таким образом поддерживается определенный частотный диапазон вращения коленчатого вала.

Пусковое устройство обеспечивает приготовление богатой горючей смеси при пуске холодного двигателя. Для пуска двигателя используется воздушная заслонка, установленная на входном патрубке первой камеры карбюратора. При пуске двигателя перекрывается доступ воздуха в смесительную камеру через входной патрубок, разрежение в смесительной камере резко возрастает, дроссельная заслонка приоткрывается и обеспечивается подача смеси из систем главной дозирующей и холостого хода. При по-

явлении разрежения диафрагма автоматического пускового устройства, преодолевая сопротивление пружины, приоткрывает воздушную заслонку, обеспечивая проход необходимого количества воздуха в смесительную камеру.

Карбюратор «Озон» отличается от описанного отсутствием механической связи дроссельных заслонок первой и второй камер. Дроссельная заслонка второй камеры открывается автоматически от пневмопривода под действием разрежения в смесительных камерах. Система холостого хода и экономайзер принудительного холостого хода совмещены. В систему включен пневмоклапан с диафрагмой, открывающей клапан подачи топлива в систему холостого хода при разрежении. Пневмоклапан управляется электромагнитным клапаном, открывающим возможность подачи топлива при включении зажигания и отключая возможность подачи топлива при выключении зажигания. При принудительном холостом ходе управление осуществляется от микровыключателя, замыкающего электрическую цепь электромагнитного клапана.

В карбюраторах двигателей автомобилей японского производства в пусковую систему включено устройство автоматического пуска. На карбюраторе установлена биметаллическая пружина, управляющая воздушной заслонкой при прогреве двигателя от электронагревателя таймерного типа. Кроме биметаллической пружины в пусковой системе могут использоваться сифоны, управляющие работой воздушной заслонки в зависимости от температуры охлаждающей жидкости.

В однокамерных карбюраторах «Стромберг» с горизонтальным потоком имеется поршень, работающий от разрежения во впускном трубопроводе и дозирующий подачу топлива в главной дозирующей системе. Обогащение горючей смеси при пуске холодного двигателя осуществляется специальным золотником с калиброванными отверстиями, управляемым термостатом.

Системы с непосредственным впрыском. Системы приготовления горючей смеси с непосредственным впрыском не имеют карбюратора. Впрыск топлива осуществляется специальными форсунками (инжекторами) в пространство над впускным клапаном, где топливо смешивается с воздухом, образуя топливовоздушную смесь. При открытии впускного клапана топливовоздушная смесь засасывается в цилиндр двигателя. Управление системой впрыска и работой двигателя производится от микроЭВМ. По сравнению с карбюраторными, двигатели с системой впрыска более сложны, требуют высококвалифицированного обслуживания при эксплуатации, однако имеют и ряд преимуществ. Системы впрыска то-

плива позволяют более равномерно распределять состав смеси по цилиндрам, что повышает экономичность двигателя. Отсутствие карбюратора уменьшает сопротивление впуска топливной смеси, в результате чего улучшается наполнение цилиндров и соответственно повышается мощность двигателя. Обеспечивается более точная пропорция воздуха и топлива в составе смеси и корректировка этого состава в зависимости от режима работы двигателя. Достигается уменьшение содержания вредных примесей в отработавших газах.

Учитывая, что системы с впрыском топлива построены с обязательным применением электронного управления, эти системы получили название электронных топливных систем. Основное назначение электронных топливных систем — управление мощностью двигателя и обеспечение возможности создания наиболее оптимального рабочего процесса и режима работы двигателя.

Электронные топливные системы различают по уровню давления топлива, подаваемого во впускные каналы цилиндров: низкого давления (0,2... 1,0 МПа) — для подачи легких жидких топлив и газов, среднего (5... 20 МПа) и высокого (более 50 МПа). Топливные системы среднего и высокого давлений в своем составе имеют магистрали как низкого, так и высокого давлений. Отличительный признак топливных систем среднего и высокого давлений — помимо подкачивающих насосов низкого давления, обязательным должно быть наличие топливного насоса высокого давления. В большегрузных тяжелых автотранспортных средствах находят применение электромеханические и электропневматические насосы-форсунки с встроенными в них поршневыми устройствами, создающими высокое давление впрыскиваемого в цилиндры двигателя топлива.

Топливная система низкого давления фирмы «Бош» (Bosch) для бензиновых двигателей с электромагнитными форсунками получила наиболее широкое применение на отечественных и зарубежных легковых автомобилях. В таких системах для исключения попадания воздуха в топливную магистраль обязательно наличие гидравлического аккумулятора или рампы, на которой установлены форсунки впрыска топлива. Топливо должно находиться постоянно под небольшим давлением независимо от состояния двигателя (работает или не работает).

В двигателях с распределенным впрыском топлива применяются два вида впрыска: одновременное впрыскивание топлива всеми форсунками и фазированное впрыскивание, при котором каждая форсунка подает топливо в определенной фазе цикла работы дви-

гателя. Наиболее простым является одновременное впрыскивание, но оно не обеспечивает одинаковые условия образования топливовоздушной смеси во всех цилиндрах. Фазированное впрыскивание обеспечивает равные условия смесеобразования во всех цилиндрах, но требует определенного порядка регулирования начала подачи топлива для необходимой продолжительности открытия форсунки. В этом случае система электронного управления работой двигателя значительно усложняется.

Имеются топливные системы среднего давления для непосредственного впрыскивания бензина. Отличительная особенность этих систем — наличие двух насосов: высокого (среднего) давления и топливоподкачивающего насоса низкого давления. В таких двигателях с искровым зажиганием впрыскивание топлива (бензина) в цилиндры производится при давлении порядка 10...12 МПа (рис. 1.9).

На современных автомобилях используют самые разнообразные системы впрыска: одноточечные с центральным впрыском, многоточечные с распределенным впрыском, с непрерывным или прерывистым впрыском и др. На рис. 1.10 представлена одна из схем управления системой впрыска, применяемая на ряде зарубежных и отечественных легковых автомобилях. Система подачи топлива включает в себя топливный бак 14, электробензонасос 15, топливный фильтр 13, подающий 17 и сливной 16 топливопроводы, рампу 20 с форсунками 21 и регулятором давления топлива 18.

Фильтры в топливной системе — неразборные с бумажным фильтрующим элементом. Для поддержания постоянного перепада давления (между давлением воздуха во впускной трубе и давлением топлива в рампе на рампе) установлен регулятор давления топлива. Управление работой регулятора осуществляется автоматически в зависимости от положения дроссельной заслонки — соответственно от изменения давления (разрежения) во впускной трубе.

В отличие от карбюраторных двигателей в системе впрыска **электробензонасос** обеспечивает подачу в систему топлива под более высоким давлением (не менее 0,28 МПа). Насос и электродвигатель размещены в едином герметичном корпусе, погруженном в бензин в самом бензобаке. В этом случае обеспечивается хороший отвод теплоты и снижается шум при работе. Насос может располагаться также и вне топливного бака. Применяемые электробензонасосы — роторного типа, одно- и двухступенчатые. Включается в работу и выключается бензонасос вместе с системой зажигания. От перегрузки насос защищен предохранительным клапаном. Электропривод насоса создает давление и при нерабо-

тающем двигателе. Наличие в системе обратного клапана позволяет сохранять остаточное давление в рампе и после выключения насоса, что обеспечивает надежный пуск двигателя при любой температуре окружающей среды.

В системах впрыска топлива используют **микропроцессорные устройства**, управляющие подачей топлива во впускной трубопровод и устанавливающие угол опережения зажигания. Анализ режима работы двигателя осуществляется микроЭВМ, где полученные данные сравниваются с записанными в блоке памяти. На основании сравнения информации, поступившей от двигателя и заложенной в памяти ЭВМ, вырабатывается сигнал на корректировку состава смеси в зависимости от режима работы двигателя и установку угла опережения зажигания.

Для определения режима работы двигателя и подачи соответствующей информации в управляющее устройство на отдельных системах двигателя и элементах системы подачи топлива устанавливают специальные датчики. Такие датчики являются преобразователями величин различных параметров работы двигателя в электрические импульсы.

В электронный блок управления (ЭБУ) поступает информация:

- о положении и частоте вращения коленчатого вала;
- массовом расходе воздуха двигателем;
- температуре охлаждающей жидкости;
- положении дроссельной заслонки;
- содержании кислорода в отработавших газах (в системе с обратной связью);
- наличии детонации в двигателе;
- напряжении в бортовой сети автомобиля;
- скорости автомобиля;
- запросе на включение кондиционера (если он установлен на автомобиле).

На основе полученной информации ЭБУ управляет следующими системами и приборами:

- топливоподачей (форсунками и электробензонасосом);
- системой зажигания;
- регулятором холостого хода;
- адсорбером системы улавливания паров бензина (если эта система есть на автомобиле);
- вентилятором системы охлаждения двигателя;
- муфтой компрессора кондиционера (если он установлен на автомобиле);
- системой диагностики.

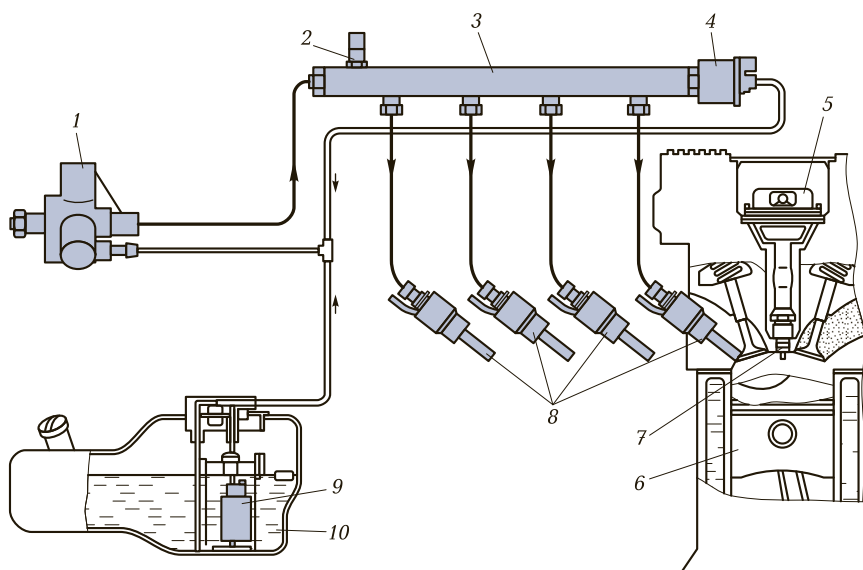


Рис. 1.9. Схема электронной топливной системы непосредственного впрыска среднего давления «Матроник» (Matronic) MED 7 фирмы «Бош»:

1 — топливный насос; 2 — датчик давления; 3 — рампа (аккумулятор); 4 — предохранительный клапан; 5 — катушка зажигания; 6 — поршень; 7 — свеча зажигания; 8 — форсунки; 9 — топливоподкачивающий насос низкого давления; 10 — топливный бак

Электронный блок управления включает выходные цепи (форсунки, различные реле и т.д.) путем замыкания их на «массу» через выходные транзисторы блока управления. Единственное исключение — цепь реле топливного насоса. Только на обмотку этого реле ЭБУ подает напряжение +12 В.

Блок управления имеет встроенную систему диагностики. Он может распознавать неполадки в работе системы, предупреждая о них водителя через контрольную лампу «Check engine». Кроме того, он хранит диагностические коды, указывающие области неисправности, чтобы помочь специалистам в проведении ремонта.

В ЭБУ имеется три вида памяти: оперативное запоминающее устройство, постоянное запоминающее устройство и перепрограммируемое запоминающее устройство.

Оперативное запоминающее устройство — это «блокнот» ЭБУ. Микропроцессор ЭБУ использует его для временного хранения измеряемых параметров, для расчетов и для промежуточной ин-

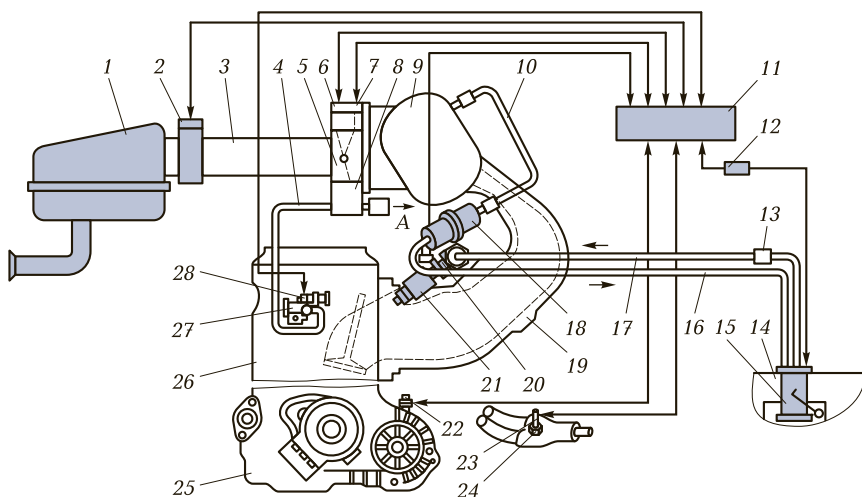


Рис. 1.10. Система управления впрыском топлива:

1 — воздушный фильтр; 2 — датчик массового расхода воздуха; 3 — шланг впускной трубы; 4 — шланг подвода охлаждающей жидкости; 5 — дроссельный патрубок; 6 — регулятор холостого хода; 7 — датчик положения дроссельной заслонки; 8 — канал подогрева системы холостого хода; 9 — ресивер; 10 — шланг регулятора давления; 11 — электронный блок управления; 12 — реле включения электробензонасоса; 13 — топливный фильтр; 14 — топливный бак; 15 — электробензонасос с датчиком уровня топлива; 16 — сливной топливопровод; 17 — подающая магистраль; 18 — регулятор давления; 19 — впускная труба; 20 — рампа форсунок; 21 — форсунка; 22 — датчик скорости; 23 — датчик концентрации кислорода; 24 — газоприемник; 25 — коробка передач; 26 — головка цилиндров; 27 — выпускной патрубок системы охлаждения; 28 — датчик температуры охлаждающей жидкости; А — выход к насосу охлаждающей жидкости

формации. Микропроцессор может по мере необходимости вносить в него данные или считывать их.

Микросхема оперативного запоминающего устройства смонтирована на печатной плате ЭБУ. Эта память энергозависима и требует бесперебойного питания для сохранения.

В постоянном запоминающем устройстве находится общая программа, в которой содержится последовательность рабочих команд (алгоритмы управления) и различная калибровочная информация. Эта информация представляет собой данные управления впрыском, зажиганием, холостым ходом и т.п., которые зависят от массы автомобиля, типа и мощности двигателя, передаточных отношений трансмиссии и других факторов.

Одна из важных задач в системах с впрыском топлива — контроль за сгоранием топливовоздушной смеси. Состав смеси регу-

лируется с высокой точностью для достижения коэффициента избытка воздуха $\alpha = 1$. Управление системой дозирования топлива (для обеспечения точного контроля сгорания топливовоздушной смеси) осуществляется по измерению содержания остаточного кислорода в отработавших газах. Для этого используют датчики кислорода, устанавливаемые на выпускном коллекторе и реагирующие на парциальное давление кислорода. Чувствительным элементом таких датчиков может быть либо диоксид циркония, либо диоксид титана.

Работа циркониевого датчика основана на изменении разности потенциалов (напряжения) между электродами датчика при разном уровне парциального давления кислорода в отработавших газах в зависимости от нагрузочного режима работы двигателя (на обогащенной смеси или на обедненной). Разность потенциалов служит управляющим сигналом для изменения подачи топлива в двигатель до тех пор, пока в отработавших газах не останется свободного кислорода. Работа титанового датчика основана на изменении электропроводности диоксида титана при изменении парциального давления кислорода и температуры в выпускной системе двигателя автомобиля.

Одни из основных элементов топливной системы — форсунки 21 (см. рис. 1.10) и регулятор давления топлива 18. Форсунки устанавливают на топливную рампу, по которой к ним подводится топливо под давлением 0,28...0,35 МПа. В бензиновых двигателях легковых автомобилей с впрыскиванием топлива применяют электромагнитные форсунки в виде электромагнитного клапана с приводом. Распылители форсунок входят в отверстия во впускной трубе, а их уплотнение осуществляется резиновыми уплотнительными кольцами.

Форсунка (рис. 1.11) представляет собой электромагнитный клапан. Бензин через фильтр 7 поступает к клапану 2 с распыляющим наконечником 1, прижатому пружиной к седлу 3. От ЭБУ поступает импульс напряжения на быстродействующий электромагнит 5, якорь вытягивается и клапан открывается примерно на 0,1 мм, а топливо через распылитель тонко распыленной струей под давлением впрыскивается во впускную трубу на впускной клапан. Здесь топливо испаряется, соприкасаясь с нагретыми деталями, и в парообразном состоянии попадает в камеру сгорания. После прекращения подачи электрического импульса подпружиненный клапан форсунки перекрывает подачу топлива.

Регулятор давления топлива 18 (см. рис. 1.10) служит для изменения давления в рампе в зависимости от разрежения во впуск-

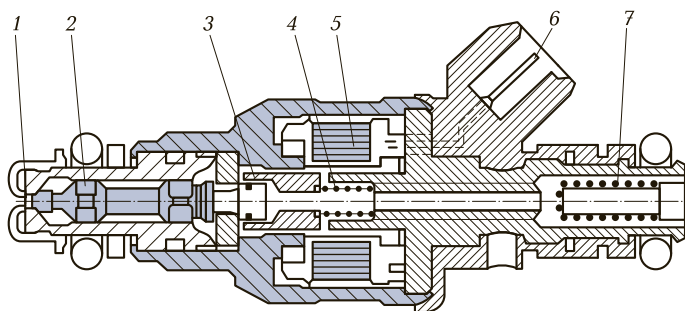


Рис. 1.11. Электромагнитная форсунка:

1 — наконечник; 2 — клапан; 3 — седло; 4 — пружина; 5 — электромагнит; 6 — контакт; 7 — фильтр

ном трубопроводе. В корпусе регулятора имеются две полости — топливная и вакуумная, разделенные диафрагмой, и подпружиненный клапан, соединенный с упругой диафрагмой и поджатый к седлу в корпусе регулятора. На диафрагму с одной стороны воздействует давление топлива в рампе, с другой — разрежение во впускном трубопроводе. При увеличении разрежения во время прикрытия дроссельной заслонки клапан открывается, излишки топлива сливаются по сливному трубопроводу обратно в бак, а давление в рампе уменьшается. На работающем двигателе регулятор поддерживает давление в рампе форсунок в пределах 0,284... 0,325 МПа.

Наиболее распространенные системы впрыска топлива. На зарубежных легковых автомобилях нашли применение различные системы впрыска топлива. Рассмотрим некоторые из них.

Система впрыска топлива «К-Джетроник» фирмы «Бош» имеет простые форсунки без электромагнитного клапана, обеспечивающие непрерывное распыление топлива, поступающего под давлением на тарелки клапанов. Давление топлива (расход) зависит от разрежения во впускном трубопроводе и температуры охлаждающей жидкости. Для обеспечения необходимого состава горючей смеси в системе количество подводимого воздуха дозируется расходомером, а количество впрыскиваемого топлива — дозатором-распределителем. В отличие от карбюраторных двигателей, где дроссельная заслонка, управляемая водителем, регулирует количество подаваемой в цилиндр топливовоздушной смеси, в системе впрыска топлива дроссельная заслонка регулирует только количество подаваемого чистого воздуха.

К особенностям системы следует также отнести наличие в схеме накопителя топлива (гидроаккумулятора), предназначенного для поддержания давления в топливной системе при неработающем двигателе (и, соответственно, выключенном бензонасосе) для исключения паровых пробок в трубопроводах.

Система «КЕ-Джетроник» является развитием системы «К-Джетроник» в части обеспечения более точного дозирования топлива для улучшения большей экономичности и снижения токсичности отработавших газов. В системе регулятор управляющего давления заменен электрогидравлическим регулятором, встроенным в дозатор-распределитель топлива.

Система впрыска «Л-Джетроник» — система многоточечного распределенного (прерывистого) впрыска топлива с электронным управлением. В системе отсутствует дозатор-распределитель с регулятором управляющего давления и гидроаккумулятор. Форсунки впрыска топлива — с электромагнитным управлением. Следует отметить, что в системах «К/КЕ-Джетроник» давление, создаваемое топливным электронасосом, находится в пределах от 0,45 до 0,6 МПа, а в системе «Л-Джетроник» — не превышает 0,25 МПа. Отличается в системе и расходомер засасываемого воздуха с датчиком его температуры: поток воздуха, поступающий в двигатель, воздействует на специальную заслонку, нагруженную спиральной пружиной и отклоняющуюся в зависимости от расхода воздуха.

Для снижения стоимости систем впрыскивания и их упрощения фирма «Бош» выпустила системы с центральным впрыском, которые отличаются от своих прототипов «К» и «Л» тем, что впрыск осуществляется в них только одной электромагнитной форсункой во впускной тракт: либо перед дроссельной заслонкой, либо за заслонку. Система известна под названием «Моно-Джетроник» (рис. 1.12). Топливо подается через центральную малогабаритную форсунку (рис. 1.13) непосредственно в горловину насадки-диффузора по аналогии с карбюраторными системами питания. Применение диффузора повышает скорость воздуха у распылителя, обеспечивая этим более качественное приготовление горючей смеси, и позволяет снижать давление подачи до 70... 100 кПа, что тоже упрощает систему в целом.

В системе «Моно», как и в системе «Л», расход топлива определяется сигналами, поступающими от различных датчиков в ЭБУ, но основным из них служит сигнал термоанемометрического расходомера о массовом расходе воздуха. Это повышает быстроедействие системы, улучшает ее приспособляемость к неуста-

новившимся (переходным) режимам работы двигателя и снижает потери напора на впуске в цилиндры. Для улучшения работы двигателя на холостом ходу введена отдельная система подачи топлива с выходными отверстиями по обе стороны от дроссельной заслонки.

Системы «Мотроник» (имеется несколько разновидностей) обеспечивают одновременное управление впрыском топлива и зажиганием. Совместная оптимизация процессов смесеобразования и зажигания способствует улучшению рабочих характеристик двигателя, повышению экономичности, облегчению пуска холодного двигателя и снижению токсичности отработавших газов. Впрыск топлива осуществляется одной электромагнитной форсункой периодически в полость над дроссельной заслонкой, где топливо смешивается с воздухом. МикроЭВМ рассчитывает требуемое количество впрыскиваемого топлива и момент зажигания в зависимости от положения дроссельной заслонки и частоты вращения коленчатого вала, а также температуры охлаждающей жид-

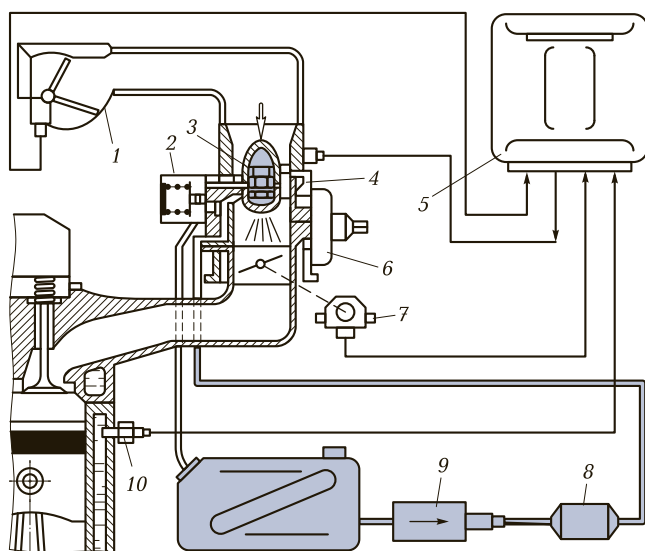


Рис. 1.12. Система «Моно-Джетроник»:

1 — измеритель расхода воздуха; 2 — регулятор давления топлива; 3 — форсунка; 4 — устройство для подогрева; 5 — ЭБУ; 6 — устройство для подачи дополнительного воздуха; 7 — управление дроссельной заслонкой; 8 — фильтр топлива; 9 — подкачивающий насос с электроприводом; 10 — датчик температуры охлаждающей жидкости

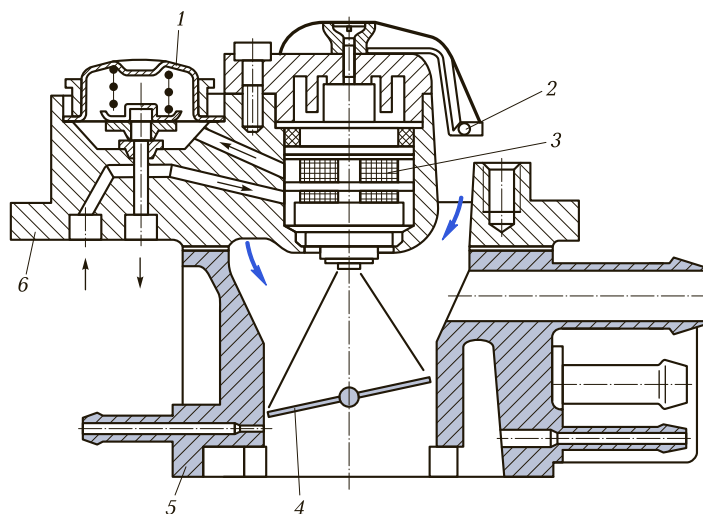


Рис. 1.13. Узел центральной форсунки:

1 — регулятор давления топлива; 2 — датчик температуры всасываемого воздуха; 3 — электромагнитная форсунка; 4 — дроссельная заслонка; 5 — корпус дроссельной заслонки; 6 — корпус форсунки и регулятора

кости и всасываемого воздуха. Система способна учитывать износ цилиндропоршневой группы и изменение атмосферного давления. Системы впрыска топлива и зажигания управляются одним ЭБУ, который выпускается конкретно для каждого типа двигателя. Регулировка детонации позволяет достигнуть оптимальной мощности при малом расходе топлива. Система допускает работу двигателя и на низкооктановом топливе.

Выпускаемые модифицированные системы «Мотроник» имеют устройства распределения зажигания без подвижных частей, где каждый цилиндр имеет свою катушку зажигания, управляемую отдельным выходным каскадом ЭБУ.

Для улавливания паров бензина, который испаряется из топливного бака, во всех системах впрыска используют специальные адсорберы с активированным углем. Активированный уголь, находящийся в специальной емкости, соединенной трубопроводом с топливным баком, хорошо поглощает пары бензина. Для удаления бензина из адсорбера он продувается воздухом и соединяется с впускным трубопроводом двигателя. Для исключения возможности нарушения работы двигателя продувка осуществляется только на определенных режимах по команде ЭБУ.

1.7.2. Системы питания дизелей

Особенности смесеобразования дизелей. Дизельное топливо представляет собой смесь углеводородов с температурой кипения $180 \dots 360^\circ\text{C}$. Дизельное топливо впрыскивается в сжатый и нагретый в цилиндре двигателя воздух с температурой $500 \dots 700^\circ\text{C}$. Впрыснутое топливо должно хорошо распылиться, частично испариться и самовоспламениться при соединении с горячим воздухом. Самовоспламенение топлива происходит за очень короткий временной промежуток ($0,002 \dots 0,003$ с), называемый **периодом задержки самовоспламенения**.

Дизельное топливо характеризуется цетановым числом (ЦЧ), которое определяет длительность периода самовоспламенения. Чем больше цетановое число, тем меньше период задержки самовоспламенения. При ЦЧ менее 40 топливо быстро прогревается и воспламенение носит взрывной характер, работа двигателя называется «жесткой». При ЦЧ более 55 топливо не успевает полностью прогреться, давление в цилиндре нарастает плавно, но ухудшается процесс смесеобразования, что приводит к неполному сгоранию топлива и повышению дымности отработавших газов. Такой режим работы двигателя называется «мягким» и сопровождается падением мощности и экономичности двигателя. Для дизелей применяют дизельное топливо, отличающееся от бензина фракционным составом и вязкостью. Вязкость дизельного топлива находится в пределах $1,5 \dots 6,0$ сСт, бензинового — $0,52 \dots 0,6$ сСт. Дизельное топливо характеризуется легкостью воспламенения при соприкосновении с горячим воздухом, что и используется в основе работы дизельного двигателя.

В дизелях, в отличие от бензиновых двигателей, горючая смесь (воздух и дизельное топливо) образуется внутри цилиндра и самовоспламеняется. Таким образом, для обеспечения нормальной работы дизеля необходимо подать в цилиндр очищенный воздух, сжать его до $5 \dots 10$ МПа и впрыснуть в сжатый воздух распыленную струю топлива. Для преодоления давления воздуха в конце хода сжатия топливо должно впрыскиваться под большим давлением, превосходящим давление сжатого воздуха в несколько раз. Высокое давление подаваемого в цилиндр топлива необходимо еще и потому, что для получения в цилиндре качественной смеси (быстро и полностью сгораемой) требуется топливо хорошо распылить, что достигается только при высокой скорости впрыскивания смеси специальными форсунками. Поэтому в дизелях применяют насосы высокого давления (порядка $15 \dots 30$ МПа), позволяю-

щие впрыскивать топливо со скоростью 300...500 м/с в течение тысячных долей секунды.

Топливные системы дизелей. Подразделяются на системы разделенного типа, у которых секции насоса высокого давления (ТНВД) и форсунки отделены друг от друга и соединяются топливopоводом высокого давления, и аккумуляторные, у которых насос и форсунка могут быть выполнены как в одном узле (насос-форсунка), так и раздельно. Наиболее широко на легковых автомобилях с дизелями применяют **топливные системы разделенного типа** (рис. 1.14). Отличительными особенностями систем разделенных типов являются обеспечение более мягкого сгорания топлива с небольшими скоростями нарастания давления при сгора-

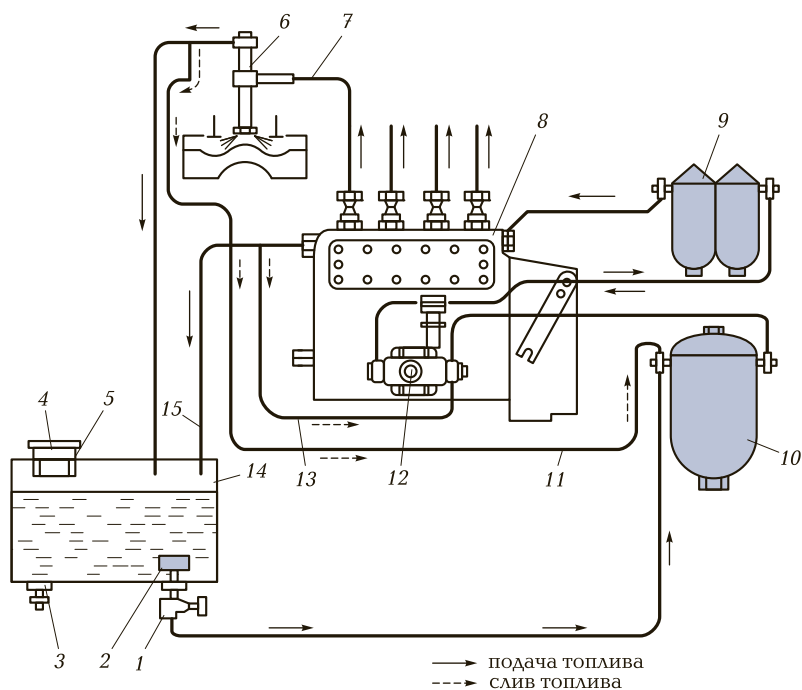


Рис. 1.14. Схема топливной системы дизеля разделенного типа:

1 — кран; 2 — приемный фильтр; 3 — сливной кран; 4 — наливная горловина; 5 — фильтр наливной горловины; 6 — форсунка; 7 — топливопровод высокого давления; 8 — ТНВД; 9 — фильтр тонкой очистки топлива; 10 — фильтр грубой очистки топлива; 11 — трубка отвода топлива к фильтру грубой очистки; 12 — топливоподкачивающий насос; 13 — трубка отвода топлива к топливоподкачивающему насосу; 14 — топливный бак; 15 — трубка отвода избытка топлива в бак

нии и низком максимальном давлении, а также меньшая шумность. Управление топливными системами может обеспечиваться как традиционными механическими устройствами, так и электронными, которые в настоящее время находят большое распространение на легковом автотранспорте.

В системе разделенного типа топливо с помощью топливоподкачивающего насоса низкого давления (0,05...0,15 МПа) подается через фильтры грубой и тонкой очистки в ТНВД, который обеспечивает дозирование топлива в зависимости от режима работы двигателя. От ТНВД топливо под высоким давлением (по линии высокого давления) подается в форсунки и далее впрыскивается в надпоршневое пространство цилиндра двигателя. Избыток топлива, образуемый при дозировании, сливается в бак по отводному топливопроводу из ТНВД и форсунки.

С появлением электронных систем управления работой двигателя получают распространение на автотранспорте с дизелями и **аккумуляторные системы топливоподдачи.**

Рассмотрим устройство топливной системы высокого давления с электроуправляемыми форсунками фирмы «Бош» (рис. 1.15).

Подкачивающий насос подает топливо из топливного бака через фильтр в ТНВД. Часть топлива идет на охлаждение насоса, а большая часть топлива под давлением (135...140 МПа) подается в гидравлический аккумулятор (рампу). Аккумуляторный узел представляет собой трубу с поперечно расположенными штуцерами для подсоединения форсунок и выполняется двухслойным (внутренний слой изготовлен из химически инертного материала). Требуемое давление в аккумуляторе поддерживается регулятором давления с датчиком давления. Аккумулятор короткими топливопроводами соединен с электрогидроуправляемыми форсунками.

Управление процессом впрыскивания форсунками осуществляется от электронной системы управления с электронным блоком и датчиком режимных параметров. Электронный блок управления получает электрические сигналы от следующих датчиков: положения коленчатого вала; положения распределительного вала; перемещения педали «газа»; давления наддува; температуры воздуха; температуры охлаждающей жидкости; массового расхода воздуха; давления топлива в аккумуляторном узле. Поскольку в аккумуляторном узле топливо находится при постоянном и высоком давлении, то возможно осуществлять впрыск небольшими и точно отмеренными порциями, а также выполнять впрыск предварительной подачи порции топлива перед основной, что позволяет значительно улучшить процесс сгорания.

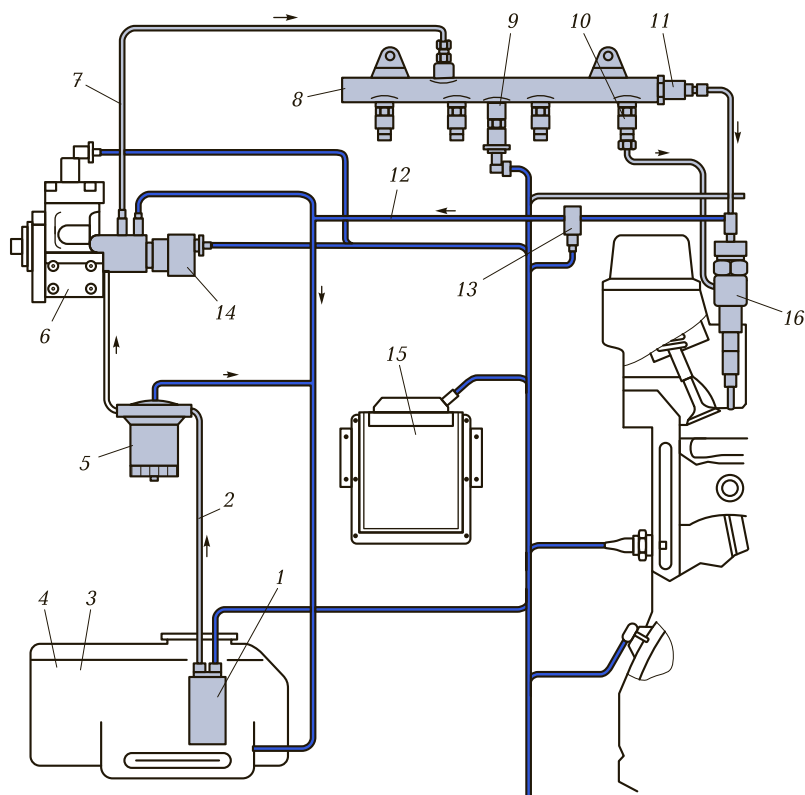


Рис. 1.15. Схема аккумуляторной топливной системы для дизеля фирмы «Бош»:

1 — топливоподкачивающий насос; 2 — топливная магистраль низкого давления; 3 — топливный фильтр (отстойник); 4 — топливный бак; 5 — фильтр тонкой очистки; 6 — ТНВД; 7 — топливная магистраль высокого давления; 8 — топливная рампа (аккумулятор); 9 — датчик температуры топлива на сливе из форсунок; 10 — датчик давления топлива в рампе; 11 — регулятор давления; 12 — сливной топливопровод; 13 — предохранительный клапан давления; 14 — ограничители подачи топлива в форсунки; 15 — ЭБУ; 16 — электрогидравлическая форсунка

Основным компонентом системы топливоподачи являются **электрогидроуправляемые форсунки**, имеющие соленоид с быстросрабатывающим электромагнитным клапаном, позволяющим впрыскивать топливо в соответствии с подаваемым импульсом тока. Цикловая подача регулируется в процессе работы путем изменения времени питания обмотки электромагнита, а угол опережения впрыскивания определяется моментом подачи управляю-

щего импульса на форсунки. Управление опережением и продолжительностью впрыскивания осуществляется изменением фазы и длительности электрического импульса, подаваемого ЭБУ (контроллером). Фаза управляющих импульсов устанавливается в зависимости от сигналов датчиков положения коленчатого и распределительного валов. Давление в аккумуляторе поддерживается оптимальным для каждого режима работы двигателя автоматическим регулятором, программа работы которого зависит от производительности ТНВД и заложена в микропроцессоре. Регулятор по информации, полученной от датчика давления, поддерживает заданное давление путем сброса части топлива из магистрали высокого давления через исполнительный электромагнитный клапан. Защита от потери герметичности в каналах подачи топлива в цилиндры и нарушения подачи форсунок из-за возможного заклинивания иглы, управляющего клапана, обрыва трубопроводов, раскрытия стыков и т.п., а также ограничение расхода топлива при задержках закрытия иглы и управляющего клапана осуществляется ограничителями подачи топлива. При чрезмерном расходе или большой продолжительности расхода топлива клапан полностью закрывается. В исходное положение клапан возвращается только после стравливания давления в аккумуляторе, т.е. после остановки двигателя.

В последнее время получает распространение системы топливоподачи с насосами-форсунками. Эти системы отличаются наименьшими объемами полостей сжатия, что обеспечивает наиболее высокий уровень давлений впрыскивания по сравнению с другими системами топливоподачи. В этом случае давление впрыскивания поднимается до 190 МПа.

Основой **насоса-форсунки** является насос высокого давления, состоящий из плунжера с дифференциальным поршнем, имеющих определенное соотношение площадей рабочих поверхностей, что позволяет обеспечить в форсунке высокое давление впрыскивания. Такое устройство в ряде случаев называется мультипликатором. Система имеет насос среднего давления, соединенный с аккумулятором среднего давления. Насос и аккумулятор управляются микроконтроллером и выполняют функции гидропривода мультипликатора. Среднее давление подается электромагнитным клапаном на поршень мультипликатора, под которым создается высокое давление, передаваемое на форсунку с пружинным или пружинно-гидравлическим запирающим. При выключении электромагнита камера над поршнем мультипликатора переключается управляющим клапаном на слив. Среднее давление из аккумулятора

поступает через обратный клапан под плунжер мультипликатора, переводя его в исходное (верхнее) положение. Пропорционально давлению в аккумуляторе изменяется и давление впрыскивания. Продолжительность и опережение впрыскивания в насосах-форсунках осуществляется изменением длительности и фазы управляющих импульсов, аналогично работе электрогидравлических форсунок других топливных систем. Использование электрогидравлических форсунок более эффективно по сравнению с пружинным (механическим) запирающим.

Формы камер сгорания дизелей. В дизельных двигателях большое значение имеют особенности приготовления рабочей смеси, на что оказывает существенное влияние форма камеры сгорания. По конструктивным особенностям камеры сгорания подразделяются на неразделенные и разделенные. Форма камеры сгорания определяется тактностью двигателя и его рабочим объемом, свойствами применяемого топлива, требованиями к топливной экономичности, токсичности отработавших газов и шумностью работы дизеля. Разделенные камеры сгорания применяют в основном в дизелях малой мощности для легковых и грузовых малотоннажных автомобилей. Неразделенные камеры сгорания применяют в дизелях средней и большой мощности.

Неразделенные камеры сгорания представляют собой объем, заключенный между днищем поршня, находящегося в ВМТ, и плоскостью головки. В днище поршней таких двигателей делают углубления различной конфигурации, где происходит распыление топлива, перемешивание его с воздухом и сгорание.

Разделенные камеры сгорания состоят из двух объемов: основного, заключенного в полости над днищем поршня, и дополнительного, как правило, располагаемого в головке блока. В этом случае дизели подразделяются на предкамерные и с вихрекамерным смесеобразованием. В таких камерах за счет обеспечения нужного движения воздуха, скорость которого достигает 300 м/с, осуществляется высокое качество перемешивания топлива с воздухом. При интенсивном движении воздух на такте сжатия поступает из цилиндра в предкамеру, в которую через форсунку впрыскивается топливо. Топливоздушная смесь перетекает из предкамеры в основную камеру. Объем предкамеры и вихревой камеры составляет 25...35 % общего объема камеры сгорания. Предкамера соединена с основной камерой одним или несколькими каналами, обеспечивающими сильное дросселирование потока топливоздушной смеси. Дросселирование топливоздушной смеси, проходящей по каналам, и ее расширение с вихреобразованием способ-

ствуют интенсивному смесеобразованию. Вихревая камера соединена с основной камерой сгорания тангенциальным каналом, обеспечивающим сильное вихревое движение заряда. Топливо, впрыскиваемое в вихревую камеру из форсунки, распределяется по объему камеры потоком завихряющегося воздуха, а затем топливовоздушная смесь поступает в основную камеру сгорания. Применение предкамерного и вихрекамерного смесеобразования в двигателях позволяет использовать топливную аппаратуру с небольшим давлением впрыскивания — порядка 20...35 МПа. Это важно для дизелей автомобилей с небольшим рабочим объемом цилиндров, что позволяет использовать форсунки со штифтовыми распылителями, образующими только один факел. Конструкция форсунки и параметры струи распыливаемого топлива подбирают с учетом конструктивных размеров камеры и скоростей движущегося в ней воздуха. Дизели с разделенными камерами сгорания обеспечивают достаточно полное сгорание топлива при низком коэффициенте избытка воздуха — $\alpha = 1,2...1,3$. Отличительной особенностью разделенных камер сгорания является обеспечение более мягкого сгорания топлива в основной камере при небольших скоростях нарастания давления и низком максимальном давлении сгорания. Кроме того, такие двигатели имеют меньшую шумность работы и низкий расход топлива по сравнению с дизелями с непосредственным впрыском, т. е. с неразделенными камерами сгорания.

При применении неразделенной камеры осуществляется объемное смесеобразование, при котором топливо впрыскивается непосредственно во впадину поршня. Насос при этом впрыскивает топливо двумя ступенями. Сначала производится предварительный впрыск небольшого количества топлива в цилиндр через многоструйную форсунку, что подготавливает и улучшает ситуацию для впрыска основной части топлива. В итоге процесс сгорания протекает более мягко. Регулирование количества топлива производится электронным блоком управления. Достоинства этого способа впрыска заключаются в меньшем расходе топлива и более высокой мощности двигателя. Для работы блока управления установлены следующие датчики: положения педали «газа»; частоты вращения вала двигателя; перемещения иглы форсунки (определяется начало впрыска и регулируется момент впрыска в зависимости от частоты вращения и нагрузки двигателя); давления наддува; температуры воздуха наддува; температуры охлаждающей жидкости; температуры топлива; положения регулирующей заслонки. Сигнал датчика (потенциометра) положения заслонки слу-

жит блоку управления обратной связью, определяющей по положению заслонки количество впрыскиваемого топлива.

Для достижения качественного сгорания всасывающий канал выполнен таким образом, что воздух на пути к камере сгорания завихряется. Благодаря лучшим пусковым свойствам дизеля с непосредственным впрыском применение свечей накала требуется только при пуске двигателя при температуре ниже -10°C .

При вихрекамерном смесеобразовании в нужный момент топливо впрыскивается в предкамеру соответствующего цилиндра. Благодаря форме вихревой камеры всасываемый воздух при ходе сжатия получает вихревое движение. Это способствует оптимальному перемешиванию его с топливом и хорошему воспламенению. Количество кислорода, находящегося в предкамере, достаточно для сжигания только части впрыскиваемого топлива. Остальная часть несгоревшего топлива выбрасывается давлением газов в камеру сгорания, где топливо полностью дожигается. Как уже указывалось, достоинствами вихрекамерного способа сгорания по сравнению с непосредственным впрыском топлива является его более мягкое сгорание и, как следствие, более мягкая работа двигателя и существенное снижение дымообразования. Недостатки этого способа заключаются в более тяжелом холодном пуске двигателя вследствие увеличения площади камеры сгорания и более высоком расходе топлива. В холодном двигателе температура сжатого воздуха оказывается недостаточной для воспламенения топлива. В этом случае двигатель должен иметь дополнительный прогрев. Для этого в каждой вихрекамере находится свеча накаливания, прогревающая камеру сгорания. Блок управления обеспечивает подачу тока к свечам накаливания во время пуска и сразу после него.

Для сокращения вредных выбросов в атмосферу дизели оборудуют окислительным катализатором. Одновременно система обратной связи обеспечивает уменьшение содержания в отработавших газах оксида азота NO . Это достигается путем отвода части отработавших газов к всасываемому двигателем чистому воздуху. Благодаря этому снижается концентрация кислорода в воздухе. Это приводит к задержке самовоспламенения и снижению температуры сгорания, что, в свою очередь, уменьшает образование NO . Отбор отработавших газов для их подачи в камеру сгорания производится строго дозировано, так как иначе может возрасти выброс в атмосферу сажи. Поэтому количество отбираемых отработавших газов определяется блоком управления в соответствии с количеством засасываемого свежего воздуха.

В системе подачи топлива и смесеобразования основными устройствами являются ТНВД и форсунка, обеспечивающие дозирование топлива, своевременный впрыск его в цилиндры и распыление в сжатом воздухе. Система подачи топлива в дизелях имеет две магистрали: низкого давления (до впускной полости ТНВД) и высокого давления (от ТНВД к форсунке). Поэтому в системе применяются два насоса, один из которых (низкого давления) обеспечивает подкачку топлива во впускную полость ТНВД с давлением, не превосходящим 0,2 МПа. Подкачивающие насосы могут быть плунжерного, лопастного типа, а устанавливаться раздельно с ТНВД или в одном корпусе.

Топливные насосы высокого давления. Различают ТНВД золотниково-го и распределительного типов. Наибольшее распространение получили топливные насосы распределительного типа (рис. 1.16), отличающиеся простотой конструкции и регулировок. Характерная их особенность заключается в том, что каждая плунжерная пара обслуживает не один, а одновременно несколько цилиндров двигателя. Плунжер в топливном насосе распределительного типа совершает сложное движение: возвратно-поступательное (насосное действие) совмещается с вращательным движением относительно собственной оси (распределительное действие). Движение плунжера вниз (ход всасывания) осуществляется силой пружины 11, действующей через толкатель 12 на плунжер 1. Обратное движение плунжера (ход нагнетания) происходит под воздействием кулачка 13 через толкатель 12, при этом пружина 11 сжимается. Вращательное движение плунжер получает от кулач-

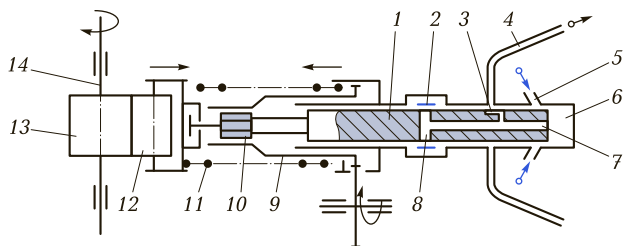


Рис. 1.16. Схема работы топливного насоса высокого давления распределительного типа:

1 — плунжер; 2 — дозатор; 3 — распределительный паз; 4 — нагнетательный канал; 5 — впускной канал; 6 — гильза; 7 — центральный канал плунжера; 8 — отсечный паз плунжера; 9 — зубчатая втулка; 10 — соединение плунжера с зубчатой втулкой; 11 — пружина; 12 — толкатель; 13 — кулачок; 14 — кулачковый вал

кового вала 14 через вал регулятора и зубчатую втулку 9. При движении плунжера 1 под действием пружины 11 в надплунжерной полости гильзы 6 создается разрежение. Перемещаясь, плунжер открывает впускные каналы 5, через которые топливо заполняет полость над плунжером. Затем под воздействием кулачка 13 плунжер совершает обратный ход, в процессе которого впускные каналы 5 перекрываются, и топливо начинает сжиматься. К этому моменту распределительный паз 3 при вращении плунжера оказывается напротив нагнетательного топливного канала 4 одного из цилиндров. Топливо из надплунжерной полости под давлением через центральный канал 7 плунжера и его распределительный паз 3 поступает в нагнетательный топливный канал 4. Подача топлива в цилиндр продолжается до тех пор, пока отсечный паз 8 плунжера не выйдет из дозатора 2 и давление в надплунжерной полости не упадет вследствие перепуска топлива через центральный канал 7 и открытый отсечный паз 8 плунжера.

Форсунка. Основным узлом простейшей форсунки является распылитель, состоящий из корпуса и иглы. Корпус и игла изготовлены из высоколегированной стали, тщательно обработаны и притерты друг к другу, зазор между ними — 1...3 мкм. Игла прижимается к коническому седлу корпуса пружиной, регулируемой на определенное давление открытия форсунки, и перекрывает распыляющий канал к соплу. Диаметр распыляющих отверстий сопла составляет 0,2...0,4 мм. В корпусе форсунки имеется кольцевой и несколько вертикальных топливных каналов. Давление открытия форсунки (отрыв иглы от седла), равное давлению начала впрыска топлива, при регулировке должно находиться в определенном диапазоне (например, 17,5...18,0 МПа). Положение распылителя относительно корпуса должно иметь строгую ориентацию. Подвод топлива к форсунке осуществляется через штуцер. В верхней части форсунки имеется колпак, к которому подсоединяется сливная трубка для топлива, просочившегося через зазор между иглой и корпусом распылителя. При работе двигателя все каналы форсунки заполнены топливом. Когда давление топлива, действующее на поясок иглы, превысит усилие пружины, на которое она отрегулирована, игла поднимается, и топливо с большой скоростью поступает к распылительному соплу и впрыскивается в камеру сгорания.

Наиболее перспективными для автомобилей с дизелем считаются аккумуляторные системы топливоподачи с электронным управлением процесса впрыскивания. Аккумуляторные системы топливоподачи разрабатываются различными фирмами, из кото-

рых наиболее известна фирма «Бош», производящая системы «Коммон Рэйл» (Common-Rail). Эта аппаратура широко применяется на легковых автомобилях. Подобные системы создаются в США и в Японии.

В системе топливоподачи «Коммон Рэйл» ТНВД выполнен с несколькими плунжерами и обеспечивает поддержание в аккумуляторе давления на уровне 140 МПа. Регулирование производительности насоса при эксплуатации осуществляется выключением одной из секций ТНВД.

Турбокомпрессор. Один из способов повышения мощности ДВС — увеличение количества воздуха, поступающего в цилиндры. Такая подача воздуха в двигатель называется наддувом. В настоящее время зарубежными фирмами производится до 90 % двигателей с наддувом от общего объема выпускаемых двигателей. Наибольшее распространение получил турбонаддув, при котором компрессор приводится в действие турбиной, работающей на отработавших газах.

В турбокомпрессоре применяют центробежные насосы. Под действием центробежных сил, вызванных вращением лопаток колеса, в центре насоса создается разрежение, под действием которого всасывается воздух. Эффективность работы турбокомпрессора обеспечивается высокой частотой вращения колеса компрессора — не менее $(50 \dots 100) \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$. При работе ДВС из выпускного трубопровода под давлением выбрасываются отработавшие газы. Поток газов приводит во вращение колесо турбины и вместе с ним колесо компрессора, имеющих общий вал. Следует отметить, что с ростом частоты вращения коленчатого вала увеличивается количество отработавших газов и, соответственно, повышается скорость вращения компрессора и количество воздуха, поступающего в цилиндры двигателя. Это приводит к увеличению мощности двигателя с последующим ростом частоты вращения турбины и повышению температуры воздуха. В целях снижения температуры сжатого в турбокомпрессоре воздуха устанавливают теплообменники. Охлаждение воздуха позволяет улучшить наполнение цилиндров за счет увеличения плотности воздуха, что способствует повышению мощности двигателя с наддувом на 20 %. Для исключения возможности пойти турбокомпрессору «в разнос» вводятся устройства, ограничивающие частоту вращения турбокомпрессора после достижения необходимого давления наддува. Для этого в системе выпуска отработавших газов перед турбиной имеется обводный канал, открываемый перепускным клапаном и дающий возможность части отработавших газов миновать турбину.

Максимальное давление наддува регулируется электронной системой управления двигателем. Управление электромагнитным перепускным клапаном осуществляется ЭБУ по величине сравнения сигнала от датчика давления, установленного на турбокомпрессоре, с величиной номинального (допускаемого) давления.

Большинство современных легковых автомобилей для увеличения диапазона частот вращения двигателя оборудовано двумя турбокомпрессорами. Один турбокомпрессор работает при низких оборотах двигателя, второй — при высоких. В последних вариантах двигателей с наддувом стали применять турбокомпрессоры с переменной геометрией, которые сохраняют высокую скорость отработавших газов при малых нагрузках, обеспечивая постоянство скорости вращения турбины. В таких турбокомпрессорах поток направляемых на турбину газов управляется с помощью специальных поворачивающихся заслонок.

1.7.3. Система выпуска отработавших газов

Система выпуска отработавших газов состоит из приемной трубы, дополнительного и основного глушителей. В автомобилях с системой очистки отработавших газов вместо дополнительного глушителя установлен каталитический нейтрализатор. Все элементы системы имеют разборные соединения и могут быть заменены по отдельности. В корпусе каждого глушителя размещены перфорированные трубы с перегородками. Отработавшие газы, выходящие с большой скоростью из выпускного трубопровода, поступают через приемные трубы глушителей в их корпуса, расширяются и, пройдя через ряд отверстий перфорированных труб корпусов, теряют скорость, вследствие чего уменьшается шум при последующем выходе газов из трубы в атмосферу.

Для снижения выброса в атмосферу вредных веществ в отработавших газах при работе двигателя в выпускной системе устанавливают трехкомпонентный нейтрализатор, который содержит один восстановительный (родий) и два окислительных (платина и палладий) катализатора, нанесенных на носитель. Окислительные катализаторы способствуют окислению несгоревших углеводородов (СН) в водяной пар. Нейтрализатор обеспечивает снижение выбросов с отработавшими газами углеводородов СН и оксида углерода СО, а также дополнительно очищает отработавшие газы от оксидов азота NO. При наличии каталитического нейтрализатора запрещается эксплуатировать автомобиль на этилированном бензине, так как это приведет к быстрому выходу нейтрализатора

из строя. Каталитические нейтрализаторы используют как для доокисления оксида углерода, альдегидов и дожигания углеводородов, так и для нейтрализации оксидов азота: либо путем доокисления NO и NO_2 до нетоксичного NO_3 , либо восстановлением их до азота.

Углеродосодержащие токсичные вещества в отработавших газах дизелей дожигают с участием всегда имеющегося в них кислорода, обусловленного большим избытком воздуха. Наименее токсичны предкамерные и вихрекамерные дизели, но экономичность их ниже дизелей с непосредственным впрыскиванием.

Применение на автомобилях катализаторов требует регулирования процесса смесеобразования в зависимости от концентрации кислорода в отработавших газах. Поэтому катализаторы используют в автомобилях, имеющих карбюратор с электронным управлением или систему впрыска топлива. Каталитический нейтрализатор работает наиболее эффективно при подаче смеси воздуха и топлива в соотношении 14,7:1 или коэффициенте избытка воздуха, равном единице. Если воздуха в смеси мало (уменьшение кислорода), то CH и CO окисляются не полностью, при избытке же кислорода NO_x не разлагается на азот и кислород.

В современных двигателях для получения точного состава смеси применяют датчик концентрации кислорода, который встраивают в выпускную систему. Таким образом, сигналы управления смесеобразователь получает от этого датчика, который находится впереди в катализаторе или в выпускном коллекторе и омывается отработавшими газами.

Датчик отработавших газов (концентрации кислорода) представляет собой электрический чувствительный элемент, который измеряет концентрацию содержащегося в отработавших газах кислорода и передает сигнал в блок управления в виде определенного уровня напряжения. В соответствии с этим сигналом блок управления воздействует на соотношение компонентов топливной смеси. С одной стороны, это необходимо вследствие изменения режима работы двигателя (холостой ход, полный «газ»), с другой стороны, определенное соотношение необходимо для того, чтобы обеспечить дожигание отработавших газов в катализаторе. Чтобы в катализаторе при температуре 300...800 °С могло пройти дожигание отработавших газов, топливная смесь должна иметь топлива больше, чем это необходимо для чистого сгорания смеси в цилиндре. Вследствие этого, двигатели, оборудованные катализатором, имеют расход топлива на 5 % выше.

Катализатор находится на месте дополнительного глушителя и представляет собой монолитную сотовую конструкцию, покрытую платиной или родием. Для крепления чувствительного к ударам керамического корпуса катализатора применяют эластичную и температуростойкую проволочную сетку.

Как уже было сказано, применяемые в настоящее время нейтрализаторы представляют собой так называемые трехкомпонентные катализаторы. Это означает, что в таком нейтрализаторе путем обратной связи по отработавшим газам одновременно происходит регулирование трех процессов: окисления оксида углерода (CO), окисления углеводорода (CH) и уменьшения содержания оксида азота (NO).

На многих современных автомобилях двигатель оборудован двойной системой обратной связи по отработавшим газам. За очисткой отработавших газов следят два датчика отработавших газов и два катализатора. Кроме того, система отбора отработавших газов способствует сокращению содержания оксида азота уже до катализатора.

Система очистки отработавших газов дизеля с турбонаддувом, кроме регулируемой обратной связи по отработавшим газам, имеет дополнительно окислительный катализатор, который уменьшает, прежде всего, содержание в отработавших газах оксида углерода и соединений углеводорода.

1.7.4. Система питания газовых двигателей

Особенности газового топлива. Двигатель внутреннего сгорания, работающий на бензиновом или дизельном топливе в смеси с воздухом, может работать и на газозоообразной смеси. При этом любая система, использующая топливом газ, не исключает работу автомобиля на бензине или дизельном топливе. Сложность заключается в основном в согласовании работы этих систем. По стоимости использование газового топлива будет обходиться примерно в 2—3 раза дешевле, чем бензинового, хотя расход газа будет на 10... 15 % больше. Поэтому одним из путей эффективного решения проблемы экономии жидкого топлива для двигателей внутреннего сгорания является замена его газозоообразным топливом (сжиженным или сжатым природным газом).

Сжатым называют такой газ, который при температуре 15... 20 °С и давлении 20 МПа сохраняет газозоообразное состояние. **Сжиженным** называют газ, который переходит из газозоообразного в жидкое состояние при температуре до 50 °С и давлении 1,6 МПа.

Благодаря хорошему смешению газа с воздухом газовоздушная смесь более однородна, чем смесь воздуха с жидким топливом. Газовоздушная смесь обладает более высокой полнотой сгорания, образуя при сгорании значительно меньше оксида углерода и других веществ, загрязняющих атмосферу. Опыт эксплуатации газовых двигателей показал, что при работе двигателя уменьшается нагарообразование, отсутствует конденсация и, соответственно, разжижение смазки, в результате чего сокращается износ двигателя.

Необходимо отметить, что рабочие процессы двигателей на жидком бензиновом и газообразном топливе в основном протекают одинаково. Отличие заключается в меньшей скорости сгорания газовоздушной смеси, в результате чего необходимо на большую величину увеличивать угол опережения зажигания, а также в характере состава смеси и способе ее приготовления для двигателей с внешним смесеобразованием. При использовании газовых двигателей раннее зажигание приводит к перегреву деталей двигателя.

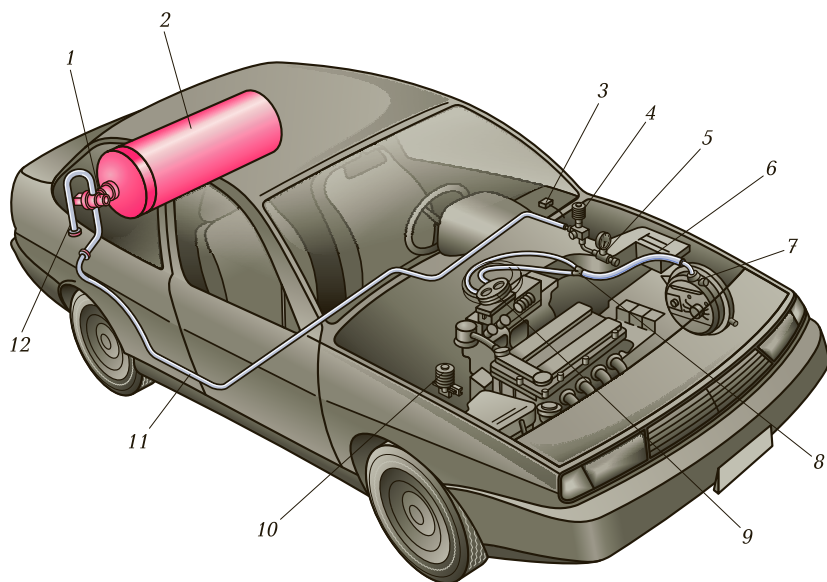


Рис. 1.17. Компоновка газобаллонной системы на автомобиле:

1 — запорная арматура; 2 — газовый баллон; 3 — переключатель вида топлива; 4 — газовый клапан; 5 — контрольный манометр; 6 — патрубок подвода газа к смесителю; 7 — газовый редуктор; 8 — дозатор газа; 9 — газовый смеситель; 10 — бензиновый клапан; 11 — трубопровод; 12 — вентиляционный рукав

ля, прогоранию днищ поршней и клапанов. Поскольку компоненты газового топлива имеют возможность хорошего воспламенения обедненных смесей, то газовые двигатели обладают повышенной топливной экономичностью. Например, опыт показал, что 50-литровый баллон, заправленный газовой смесью, обеспечивает пробег автомобиля до 500 км (рис. 1.17).

Для питания двигателей используют два вида газового топлива: сжиженную смесь пропана и бутана и природный газ метан. По сравнению с бензиновым топливом, температура воспламенения которого в воздухе находится в пределах 470...530 °С, температура воспламенения метана составляет 700...750 °С; этана — 500...600 °С; пропана — 510...580 °С; бутана — 475...550 °С. Октановое число (по моторному методу) у метана, пропана и этана — более 100, у бутана и бензина порядка 90. В зависимости от периода и условий эксплуатации автомобиля с газовым двигателем предусмотрены две марки отечественного газа: зимняя ПА (пропан автомобильный) и летняя ПБА (пропан-бутановая) смесь.

Газобаллонные системы на бензиновых карбюраторных двигателях. При использовании сжиженного газа на бензиновом карбюраторном двигателе в баллоне находится топливо в жидком и газообразном состоянии при давлении (над жидкой фазой), не превышающем 1,6 МПа (рис. 1.18, а). В баллоне имеются два вентиля питания общей газовой магистрали: из газовой полости и жидкой. При пуске двигателя, когда температура в системе охлаждения ниже 60 °С, из баллона отбирается газовая фаза через газовый расходный вентиль (вентиль жидкой фазы закрыт). После прогрева двигателя вентили переключают и сжиженный газ под давлением 1,6 МПа поступает через электромагнитный клапан (магистральный вентиль) в редуктор-испаритель. В редукторе-испарителе газ нагревается и испаряется за счет теплоты жидкости системы охлаждения двигателя. Далее газ проходит через фильтр в двухступенчатый редуктор с дозирующим экономайзерным устройством. В ряде схем редуктор-испаритель совмещен с двухступенчатым редуктором. На первой ступени давление газа понижается до 0,2 МПа, а на второй — близко к атмосферному. Под действием разрежения во впускном трубопроводе при работающем двигателе газ из полости второй ступени редуктора поступает в дозирующее устройство и через тройник-дозатор — в карбюратор.

После смешения газа с воздухом горючая смесь поступает в двигатель. При работе на сжиженном газе концентрация газовой смеси (газ/воздух) должна находиться в соотношении 1:16,1.

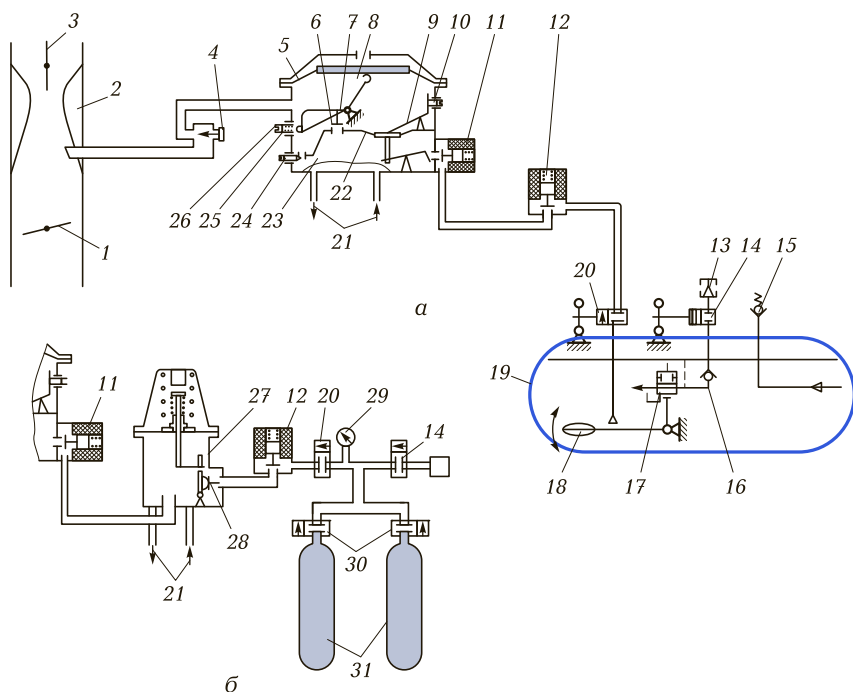


Рис. 1.18. Принципиальные схемы работы газового двигателя:

а — на сжиженном газе; *б* — на природном газе; 1 — дроссельная заслонка; 2 — смеситель; 3 — воздушная заслонка; 4 — дозатор газа; 5 — мембрана второй ступени; 6 — клапан второй ступени; 7 — рычаг клапана второй ступени; 8 — полость второй ступени; 9 — рычаг мембраны первой ступени; 10 — регулировочный винт рычага первой ступени; 11 — входной электромагнитный клапан; 12 — магистральный электромагнитный клапан; 13 — заправочное устройство; 14 — заправочный вентиль; 15 — предохранительный клапан; 16 — обратный клапан; 17 — отсечный клапан; 18 — поплавок; 19 — баллон; 20 — магистральный вентиль; 21 — каналы для охлаждающей жидкости; 22 — мембрана с клапаном первой ступени; 23 — полость первой ступени; 24 — регулировочный винт холостого хода; 25 — пружина; 26 — регулировочный винт клапана второй ступени; 27 — редуктор высокого давления; 28 — клапан редуктора высокого давления; 29 — манометр; 30 — расходные вентили; 31 — баллоны

Система работает как на сжиженном газе, так и на бензине, поэтому в системе предусмотрены два электромагнитных клапана, которые при работе на бензине отключают подачу газа, а при работе на газе отключают подачу бензина. Для перехода с одного вида топлива на другое без остановки двигателя используется специальный переключатель. Для применения системы питания двигателя газом на карбюраторных двигателях используют либо специальные

карбюраторы-смесители, либо дорабатывают конструкцию штатного карбюратора. Например, двухкамерный газовый смеситель, применяемый на автомобилях ВАЗ, установлен между корпусами дроссельных заслонок и поплавковой камеры карбюратора вместо штатной теплоизолирующей прокладки. Смеситель снабжен главным дозирующим устройством первичной и вторичной камер, а также газовой системой холостого хода. Основным элементом, обеспечивающим работу двигателя на газе при различных режимах, является редуктор-испаритель низкого давления.

При работе на природном газе (рис. 1.18, б) газ в баллоне находится под давлением 19,6 МПа. Из баллона газ по трубопроводу высокого давления через магистральный электромагнитный клапан подается в редуктор высокого давления, где давление газа снижается до 1,0 ... 1,2 МПа. Для предотвращения замерзания примесей влаги при резком снижении давления, редуктор высокого давления подогревается жидкостью из системы охлаждения двигателя. Далее газ поступает в двухступенчатый редуктор (давление газа снижается последовательно до близкого к атмосферному) и через дозатор поступает в цилиндры двигателя.

Таким образом, отличительной особенностью питания газового двигателя природным газом, находящимся под давлением до 20 МПа, от питания на сжиженном газе, давление которого 1,6 МПа, является наличие в системе **редуктора высокого давления** между топливным баллоном и двухступенчатым редуктором.

Автоматическое снижение и поддержание на выходе требуемого давления газообразного топлива на всех режимах работы двигателя обеспечивается редуктором. Существуют следующие типы автомобильных газовых редукторов: одноступенчатые высокого давления, двухступенчатые низкого давления, трехступенчатые комбинированные высокого и низкого давлений и одноступенчатые низкого давления для систем с впрыском.

Редуктор должен выполнять следующие задачи: автоматически снижать давление газа в магистрали питания до заданного уровня при постоянно изменяющихся давлении и количестве газа в баллоне, в том числе и при изменении режимов работы двигателя; обеспечивать бесперебойную подачу газа независимо от температуры окружающего воздуха и газа в баллоне; автоматически прекращать подачу газа в двигатель при остановке автомобиля, в том числе и самопроизвольной.

Редуктор низкого давления, устанавливаемый на легковых автомобилях, как правило, состоит из двух редуцирующих ступеней, разгрузочного устройства, системы пуска, системы холостого хода

и испарителя. Редуктор обеспечивает автоматическое снижение и поддержание на выходе постоянного давления независимо от объема газа в баллоне; поддержание на холостом ходу двигателя избыточного давления газа в пределах 100 Па; обеспечение плавного перехода двигателя с одного режима на другой и автоматическое прекращение подачи газа при остановке двигателя. В редукторе осуществляется автоматическое последовательное ступенчатое снижение давления. При применении сжиженного нефтяного газа в легковых автомобилях используют мембранно-рычажные редукторы низкого давления. В двухступенчатом редукторе в первой ступени происходит предварительное снижение давления от 0,16 до 0,04 МПа. Одновременно со снижением давления газа происходит его испарение путем подачи теплоты от системы охлаждения двигателя. Вторая ступень редуктора служит для снижения давления газа до значений, близких к атмосферному. В редукторе поддерживается заданная величина давления независимо от режима работы двигателя. Управление подачей газа осуществляется за счет эжекции (всасывания) газа во впускной коллектор при разрежении, образуемом при открытии или закрытии дроссельной заслонки карбюратора. Включение и отключение подачи газа на вход редуктора осуществляется электромагнитным клапаном 11 (см. рис. 1.18, а). При подаче напряжения на катушку клапан открывается и газ поступает в камеру первой ступени. В камере происходит снижение давления сжиженного газа и его испарение за счет теплоты охлаждающей жидкости, поступающей от двигателя. Автоматическое регулирование давления в камере первой ступени осуществляется клапаном, под воздействием давления газа, отжимающего мембрану 22. Величина давления регулируется винтом 10 через торсионную пружину. Через клапан 6 газ сниженного давления поступает в камеру второй ступени. Автоматическое регулирование давления в камере второй ступени осуществляется открытием клапана 6 из-за нажима на рычаг 7 мембраны 5, изменяющей свое положение под воздействием разрежения, образующегося при поступлении газа в двигатель. При открытии дроссельной заслонки разрежение увеличивается, и за счет втягивания внутрь корпуса мембраны 5 клапан 6 открывается, и газ поступает в двигатель под давлением, близким к атмосферному. Требуемый расход газа и его давление во второй ступени устанавливается регулировочным винтом 26, действующим на пружину 25. В режиме холостого хода клапан 6 закрыт, и газ поступает из полости первой ступени в полость второй ступени через постоянно открытый канал холостого хода, сечение которого регулируется винтом 24.

В автомобильных газовых системах отечественных автомобилей применяют различные редукторы: например, двухступенчатые редукторы-испарители низкого давления Новогрудского завода газового оборудования (НЗГА) «САГА», ЗАО «Автосистема», редукторы ОАО «Компрессор» и др. Функционально все эти редукторы аналогичны, но имеют некоторые отличия. Редуктор-испаритель НЗГА применяют только для автомобилей грузоподъемностью до 3,5 т. Редуктор-испаритель низкого давления «САГА» отличается отсутствием в конструкции системы холостого хода и наличием между ступенями снижения давления обратной отрицательной пневматической связи. Наличие такой связи позволяет избежать резонансных колебаний клапанов обеих ступеней, возникающих на некоторых режимах работы двигателя и снижающих пропускную способность редуктора. Некоторые редукторы имеют усложненную конструкцию, но не имеют разгрузочного устройства, вместо которого установлен пусковой электромагнитный клапан. Основная особенность таких редукторов — наличие дополнительной чувствительной мембраны и эжекционной вакуумной полости. Чувствительная мембрана обеспечивает на всех режимах оптимальный баланс между расходом воздуха и газа. Благодаря чувствительной мембране работа двигателя становится более плавной и экономичной. Недостатком таких редукторов являются большие габаритные размеры и масса, а также высокая стоимость.

Газовый редуктор низкого давления ОАО «Компрессор» по сравнению с предыдущей конструкцией не имеет мембраны чувствительности. Зато такая конструкция обеспечивает более упрощенный доступ к первой ступени и регулировку давления.

Рассмотрим другие важные элементы газовой системы — смесители и дозирующие устройства. Газ из редуктора-испарителя поступает в двигатель, предварительно смешиваясь с воздухом. Для образования газозооушной топливной смеси используют **газовые смесители**. Между редуктором и смесителем может быть установлен дозатор для обеспечения корректировки количества поступающего газа в зависимости от режима работы двигателя.

Для подачи газа используют газовые смесители, различные насадки, устанавливаемые на бензиновые карбюраторные и инжекторные системы, а также универсальные газобензиновые карбюраторы. Стоимость переоборудования бензинового двигателя для питания газом значительно снижается путем установки смесительных устройств на штатных бензиновых карбюраторах.

Существует несколько способов подачи газа с помощью установки газовых смесителей. Наиболее просто установить смеситель

на верхнюю часть карбюратора. Такой смеситель-насадка размещается в корпусе воздушного фильтра. Можно подать газ к двигателю, установив проставку между средней и нижней частями карбюратора. Для этого необходимо демонтировать карбюратор и разместить проставку на месте теплоизоляционной прокладки. На карбюраторах типа «Солекс» установка проставки таким способом невозможна.

В ряде случаев для подачи газа в карбюратор в его корпусе устанавливают штуцеры. Для этого в зоне максимального сужения диффузоров карбюратора сверлят два отверстия диаметром 8...10 мм (в зависимости от рабочего объема двигателя), в которых нарезают резьбу. Штуцеры ввинчивают в эти отверстия. Однако такой способ трудоемок и требует высокой квалификации автомеханика.

Для управления подачей газа и бензина в системе питания газобензиновых автомобилей применяют различные **газовые** и **бензиновые клапаны**. Клапаны часто объединяют с фильтрами для очистки поступающего топлива. Клапаны и фильтры различаются по пропускной способности. На легковых автомобилях отечественного производства устанавливают электромагнитные клапаны-фильтры, открывающие доступ газу в магистраль при подаче в цепь электрокатушки напряжения. Бензиновые электромагнитные клапаны размещают в месте разрыва топливной магистрали. Конструкция бензинового клапана аналогична электромагнитному газовому клапану, но имеет устройство для ручного открытия бензобагажета.

Газобензиновые двигатели с впрыском топлива. При применении газа для питания двигателей с впрыском топлива возможны различные режимы пуска двигателя. При этом переход после прогрева двигателя с бензинового топлива на газ в системах с впрыском осуществляется автоматически (в отличие от карбюраторных, где переход приходится выполнять вручную). При оборудовании автомобиля с впрыском топлива газобаллонной системой необходимо провести ряд регулировок, обеспечивающих нормальную работу системы управления при переходе на газ и прерывании подачи бензина к форсункам. При наличии в системе выпуска отработавших газов катализатора необходима корректировка на определенный состав газозоудной смеси. В современных автомобилях применены электрические дозаторы с электронным управлением, согласующие свою работу с системой управления работой двигателя.

В зависимости от конструктивных особенностей двигателя, систем питания бензином и турбокомпрессора применяют различные комплектующие для питания двигателя газовым топливом.

Например, различные смесители газа для карбюраторных двигателей, двигателей с моновпрыском и распределенным впрыском; редуктор низкого давления и редуктор с электронным блоком управления для двигателей с впрыском топлива; блок управления газовой топливной системой, обеспечивающий автоматическое переключение на подачу газа после прогрева двигателя на бензине (в системах с впрыском); обратный клапан — «хлопушка», предназначенный для сброса лишнего давления при возможных неисправностях системы зажигания или работе на обедненной смеси и т.п.

Инжекторные системы подачи газа в двигатель автомобиля (рис. 1.19) аналогичны системам с впрыском бензина. В отличие

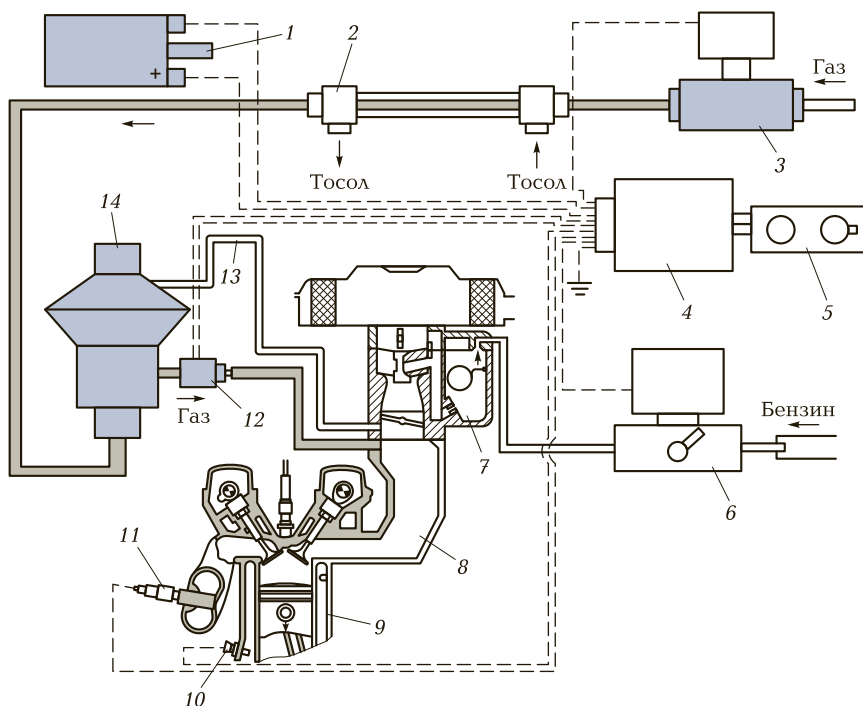


Рис. 1.19. Система инжекторной дозированной подачи газового топлива:
 1 — катушка зажигания; 2 — испаритель; 3 — электромагнитный клапан газа; 4 — электронный блок управления; 5 — пульт управления; 6 — электромагнитный клапан бензина; 7 — карбюратор; 8 — впускной коллектор; 9 — двигатель; 10 — датчик температуры; 11 — датчик концентрации кислорода; 12 — газовый клапан-инжектор; 13 — патрубок отвода разрежения; 14 — дифференциальный редуктор

от рассмотренных выше систем подачи газа при давлении, близком к атмосферному, инжекторные системы подают газ во впускной коллектор под давлением $0,1 \dots 0,2$ МПа. Эти системы устанавливают как на карбюраторные двигатели, так и на двигатели с системой впрыска бензина. Дозирование газа осуществляется газовым клапаном-инжектором 12, управляемым электронным блоком 4, который получает информацию о частоте работы двигателя от катушки зажигания 1 и о составе смеси — от датчика концентрации кислорода 11. Информация о нагрузке на двигатель, обусловленная разрежением во впускном коллекторе, и расходе воздуха поступает на дифференциальный редуктор 14, который корректирует подачу топлива. Электронный блок управления 4 предназначен для обработки сигналов, поступающих от датчиков оборотов (катушка 1), температуры 10 и датчика концентрации кислорода 11, на основании данных от которых он управляет работой газового клапана и инжектора. При остановке двигателя электронный блок управления немедленно прекращает подачу газа в двигатель. Пульт управления 5 предназначен для переключения режимов «Бензин—Газ» и регулировки длительности открытия форсунки. Для испарения жидкой фазы проходящего газа используется испаритель 2, в котором происходит подогрев газа охлаждающей жидкостью от двигателя.

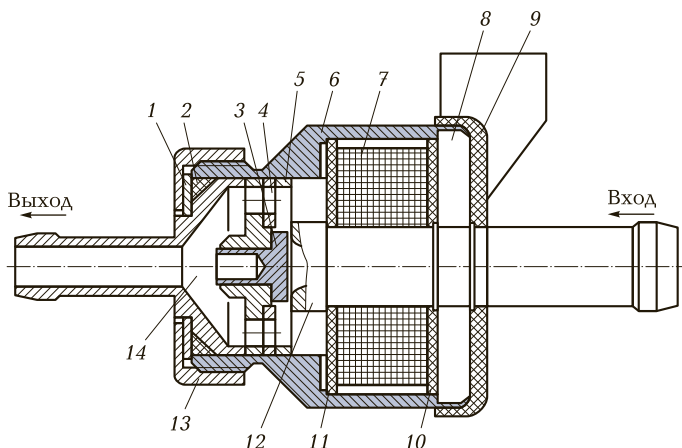


Рис. 1.20. Газовый инжектор:

1, 8 — шайбы; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — якорь; 4 — опора; 5 — регулировочное кольцо; 6 — корпус; 7 — обмотка катушки; 9 — крышка; 10, 11 — электроизоляционные шайбы; 12 — сердечник со втулкой; 13 — гайка; 14 — штуцер

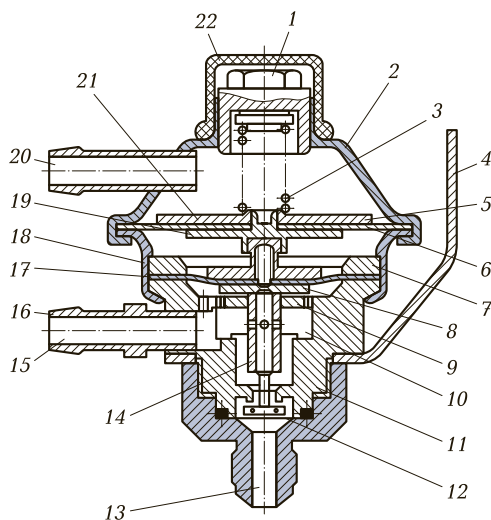


Рис. 1.21. Дифференциальный редуктор:

1 — заглушка; 2 — крышка; 3 — пружина; 4 — кронштейн; 5 — полость для создания разрежения; 6, 17 — мембраны; 7, 9, 19, 21 — диски; 8 — кольцо; 10 — полость низкого давления; 11 — корпус; 12 — клапан; 13, 15 — штуцеры; 14 — втулка; 16 — отверстие для выхода газа; 18 — обечайка; 20 — штуцер для отвода разрежения; 22 — колпачок

Газовый инжектор (рис. 1.20) представляет собой быстродействующий электромагнитный клапан, который по сигналу от электронного блока открывается для выдачи дозы топлива (газа). Открытие и закрытие клапана происходит синхронно с вращением коленчатого вала при подаче сигнала на катушку. Открытие отверстия для прохода топлива осуществляется инжектором за 0,6 мс, а закрытие — за 2 мс, что позволяет работать клапану с частотой до 250 Гц. Подача газа инжектором производится непосредственно во впускной коллектор, что улучшает наполнение цилиндров, препятствует загрязнению карбюратора в карбюраторных двигателях и снижает риск «обратного хлопка» в двигателях с системой впрыска.

Для снижения давления газа в инжекторных системах применяют малогабаритные дифференциальные редукторы, отличающиеся от рассмотренных выше редукторов-испарителей низкого давления, применяемых на карбюраторных двигателях. Работа дифференциального редуктора (рис. 1.21) осуществляется следующим образом. Газ из баллона через испаритель поступает в дифференциальный редуктор, который, в свою очередь, получает ин-

формацию о нагрузке на двигатель в виде разрежения во впускном коллекторе через штуцер 20. Давление поступающего газа регулируется за счет перемещения клапана 12 на втулке 14, которая находится под воздействием разрежения, передаваемого на мембрану 6, усилия пружины 3 и, с другой стороны, — давления газа, давящего на мембрану 17. В полости 10 давление понижается до уровня 0,1 ... 0,2 МПа и поступает к инжектору через штуцер 15. Давление газа регулируется заглушкой 1.

Газобаллонные системы на дизелях. Характер воспламенения топливовоздушной смеси в дизелях значительно отличается от принудительного воспламенения топливной смеси от свечи зажигания в бензиновых двигателях. Поэтому при переводе дизеля на газовое топливо необходимы дополнительные условия обеспечения воспламенения газа в камере сгорания цилиндра. Температура воспламенения природных газов (например, метана — примерно 700 °С) значительно превосходит температуру самовоспламенения дизельного топлива, впрыскиваемого в конце такта сжатия в сжатый воздух с температурой порядка 280 °С. Поэтому для обеспечения нормального процесса сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах дизеля принята особенная технология. В цилиндры двигателя подается газозвудушная смесь, которая сжимается поршнем на такте сжатия. В определенный момент ТНВД подает в форсунки под высоким давлением небольшую дозу (запальную) дизельного топлива, которая впрыскивается в сжатую и горячую газозвудушную смесь. Происходит самовоспламенение топлива и поджог газозвудушной смеси. Таким образом, газодизель работает на двух видах топлив, поэтому понятие самовоспламенения топливовоздушной смеси в газодизелях изменяется. Можно принять, что газодизели являются двигателями с принудительным воспламенением. Поскольку газодизель имеет две взаимосвязанные системы питания топливом (дизельную и газовую), то оборудование дизеля при переходе на газовое топливо, значительно усложняется. Однако переоборудование дизеля на питание природными газами имеет ряд преимуществ по сравнению с питанием только дизельным топливом: расход дизельного топлива сокращается на 70 ... 80 %; суммарный запас хода автомобиля при использовании двух видов топлив увеличивается более чем в 1,5 раза; дымность отработавших газов снижается более чем в 2 раза.

Необходимость применения двух видов топлив в газодизелях значительно усложняет процесс питания двигателя с обеспечением необходимой пропорциональности компонентов топлив. Минимальное количество запального жидкого топлива зависит от

энергии, необходимой для воспламенения и полного сгорания газозвоздушной смеси. Сложность определения количества запальной порции жидкого топлива обуславливается постоянно изменяющимся во времени режимом работы двигателя. В частности, при пуске двигателя и работе на минимальных оборотах холостого хода в камеру сгорания подается только дизельное топливо. При увеличении частоты вращения коленчатого вала и, соответственно, нагрузки в камеру сгорания поступают уже два компонента топлива: газозвоздушная смесь и запальная доза дизельного топлива. Таким образом, двигатель работает по газодизельному циклу только на повышенных и высоких оборотах двигателя.

В конструкцию питания дизеля (при переходе к газодизельной системе) вводят газовый смеситель, механизм установки запальной дозы дизельного топлива, дозатор газа, ТНВД, управляющий подачей газа, а также электрооборудование управления работой двигателя. На ТНВД дополнительно устанавливают механизм ограничения подачи запальной жидкости в камеру сгорания и переключения системы на работу в обычном дизельном режиме. Для дозирования подачи жидкости на рычаге управления рейкой ТНВД монтируют дополнительный упор, а на регуляторе оборотов устанавливают клапан, отключающий подачу газа.

Механизм подачи запальной жидкости приводится в действие электромагнитом. Возможность одновременного включения подачи двух видов топлив блокируется концевым выключателем и реле. В смесителе газ смешивается с воздухом, который засасывается за счет разрежения во впускном трубопроводе двигателя. Необходимый состав газа с воздухом регулируется дозатором, соединенным телескопической тягой с педалью привода рейки ТНВД. Подача газа в двигатель осуществляется синхронно с подачей запального дизельного топлива от ТНВД. Изменение частоты вращения двигателя, крутящего момента и мощности происходит путем изменения количества газа, подаваемого в двигатель. Ограничение подачи газа при достижении максимальной частоты вращения осуществляется пневмомеханическим клапаном. Привод рейки ТНВД связан с педалью подачи газа водителем. При освобождении водителем педали газа рейка привода ТНВД перемещается и подача газа в двигатель прекращается, одновременно уменьшается цикловая подача дизельного топлива с величины запальной дозы до величины подачи холостого хода. Перевод двигателя с дизельного режима в газодизельный режим и обратно может осуществляться как во время остановки, так и при движении автомобиля путем переключения кнопкой режима работы.

Газодизельные системы питания устанавливают на двигатели, оснащенные только ТНВД с двухрежимным регулятором оборотов. В случае применения на ТНВД всережимного регулятора, его необходимо заменить на двухрежимный.

1.8. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ДВИГАТЕЛЯ

Карбюраторный двигатель. Управление работой карбюраторного двигателя выполняется полуавтоматически: принудительным изменением положения дроссельной заслонки, осуществляемым водителем в зависимости от режима движения, и автоматической подачей топлива нужной концентрации для данных условий работы двигателя, готовят в карбюраторе с предварительно отрегулированными системами. Одновременно, автоматически, в зависимости от положения дроссельной заслонки, коленчатого вала и частоты его вращения осуществляется зажигание топливовоздушной смеси в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя. Такая система управления не имеет обратной связи и влиять на изменение характера ее работы не представляется возможным без проведения предварительных регулировок.

Для увеличения топливной экономичности и уменьшения вредных выбросов в атмосферу, т.е. для оптимизации состава топливовоздушной смеси и наполнения цилиндров на различных режимах работы двигателя, стали применять карбюратор с электронным управлением. Примером может служить система «Экотроник», разработанная фирмой «Бош». В систему входит карбюратор с сервоприводами управления образованием топливовоздушной смеси определенной концентрации, датчики и контроллер, управляющий работой карбюратора в зависимости от поступающей от датчиков информации о режиме работы двигателя.

Однако подобная система с электронным управлением карбюратором обладает определенной инерционностью и не может полностью обеспечить желаемый характер изменения состава смеси в зависимости от режимов работы двигателя. Поэтому дальнейшим развитием устройств образования и подачи в двигатель топливовоздушной смеси явилась система впрыска топлива, потребовавшая, однако, сложного электронного управления.

Двигатель с впрыском топлива. В настоящее время разработано и серийно выпускается большое количество разнообразных систем управления двигателями внутреннего сгорания. По своему

назначению они могут быть определенного функционального и многофункционального (комплексного) направления. Основу всех этих систем управления составляют интегральные схемы — микропроцессоры. Микропроцессоры, в свою очередь, образуют электронные блоки управления, осуществляющие на базе обработки информации о режиме той или иной системы управление работой двигателя с обеспечением оптимальных характеристик. В однофункциональных системах ЭБУ осуществляет управление одной функцией, например, впрыском; в многофункциональных (комплексных) системах ЭБУ управляет несколькими системами: впрыском топлива, зажиганием, фазами газораспределения, самодиагностированием и т. п. ЭБУ содержит основные функциональные элементы (постоянное запоминающее устройство, центральный процессор, оперативное запоминающее устройство и др.), обеспечивающие сравнение поступающей информации от датчиков с записанными в памяти оптимальными значениями соотношений различных параметров и вырабатывает необходимые данные для коррекции.

Рассмотрим систему распределенного прерывистого впрыска топлива через форсунки (инжекторы) с электромагнитным управлением «Л-Джетроник» (рис. 1.22). Впрыск топлива в системе обеспечивают одновременно все форсунки. Для равномерного распределения топлива по цилиндрам впрыск топлива осуществляется полупорциями за каждый оборот коленчатого вала. Количество впрыскиваемого топлива определяется ЭБУ 8 в зависимости от температуры, давления и объема поступающего воздуха, частоты вращения коленчатого вала, нагрузочного режима работы двигателя и температуры охлаждающей жидкости. Для определения дозировки топлива применяется расходомер воздуха 6, измеряющий количество поступающего воздуха по отклонению измерительной заслонки на определенный угол. С заслонкой связан потенциометр, изменение сопротивления которого преобразуется в напряжение и передается в ЭБУ. Таким образом ЭБУ определяет необходимое количество топлива в данный момент работы двигателя и выдает на электромагнитные форсунки импульсы времени подачи топлива. Независимо от положения впускных клапанов форсунки впрыскивают топливо за один оборот коленчатого вала. В процессе пуска двигателя для ускорения его прогрева через клапан 14 подводится добавочная порция воздуха, обеспечивая повышение оборотов холостого хода. Пуск двигателя облегчается также впрыском дополнительной порции топлива через электромагнитную пусковую форсунку 15. Дли-

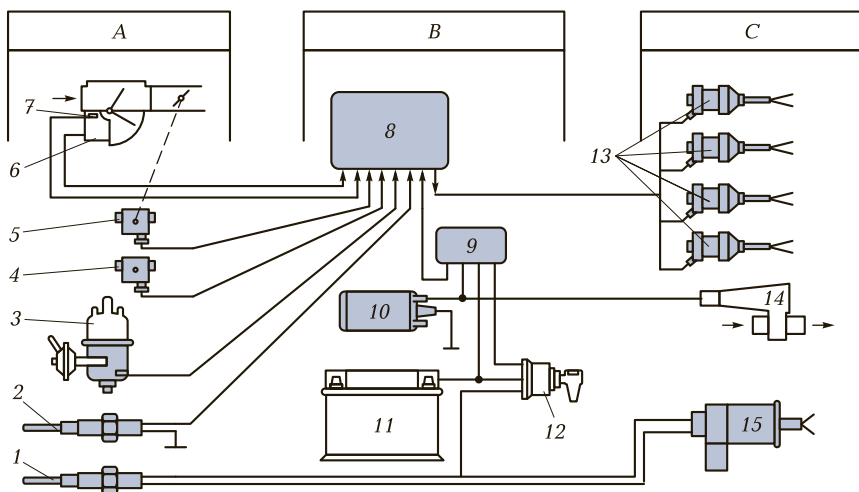


Рис. 1.22. Функциональная схема управления системой впрыска «Л-Джетроник»:

1 — термореле; 2 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 3 — датчик-распределитель зажигания; 4 — высотный корректор; 5 — выключатель положения дроссельной заслонки; 6 — расходомер воздуха; 7 — датчик температуры всасываемого воздуха; 8 — ЭБУ; 9 — блок реле; 10 — топливный насос; 11 — аккумуляторная батарея; 12 — выключатель зажигания; 13 — рабочие форсунки; 14 — клапан добавочного воздуха; 15 — пусковая форсунка; А — устройства входных параметров; В — устройства управления и обеспечения; С — устройства выходных параметров

тельность впрыска пусковой форсунки определяется температурой охлаждающей жидкости.

Комплексная система управления двигателем объединяет управление впрыском (смесеобразованием) и зажиганием.

Функциональная схема системы комплексного управления двигателем (рис. 1.23) обеспечивает оптимизацию процессов зажигания и впрыска (в том числе и смесеобразования), что позволяет значительно улучшить характеристику крутящего момента, уменьшить расход топлива и выброс в атмосферу вредных веществ в отработавших газах, облегчить пуск и прогрев холодного двигателя.

В ЭБУ (контроллер) от датчиков, определяющих изменение различных параметров, характеризующих работу двигателя (положение и частота вращения коленчатого вала, температура всасываемого воздуха и охлаждающей жидкости, количество поступающего воздуха, количество кислорода в отработавших газах и т.д.), непрерывно поступают электрические сигналы в виде изменения

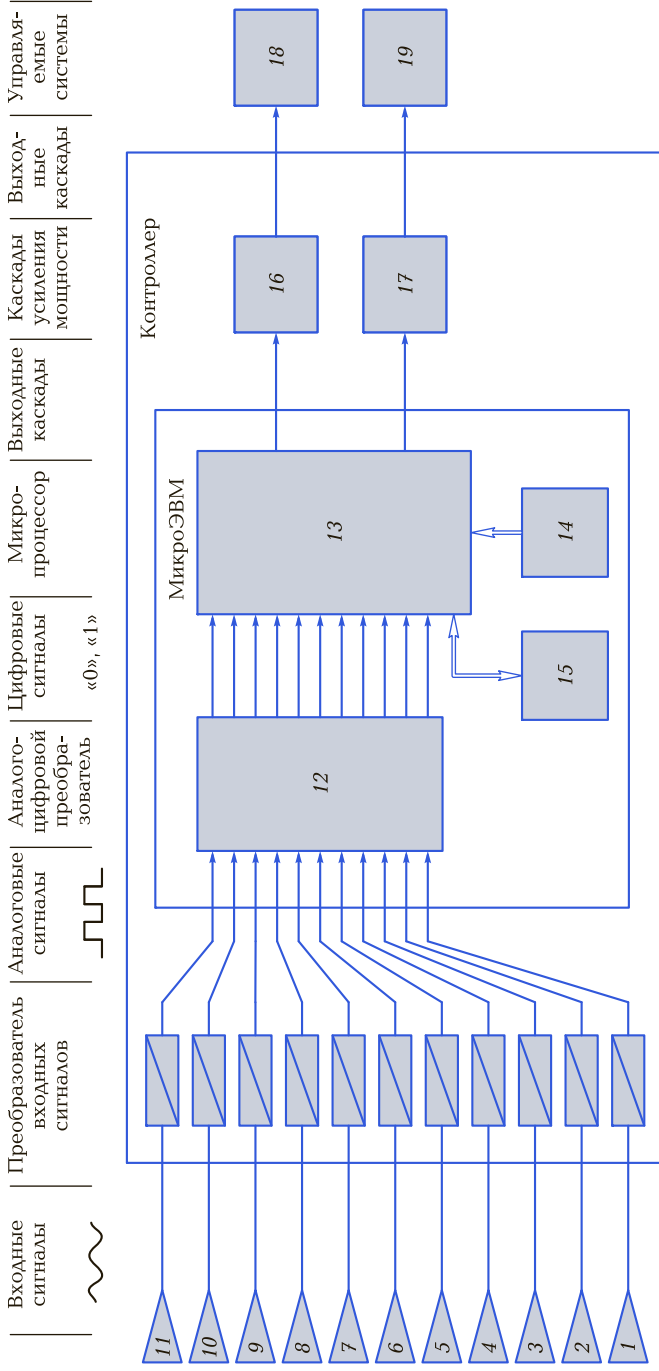


Рис. 1.23. Функциональная схема комплексного электронного управления двигателем:

1 — угловое положение коленчатого вала; 2 — частота вращения коленчатого вала; 3 — объем всасываемого воздуха; 4 — температура всасываемого воздуха; 5 — температура охлаждающей жидкости; 6 — напряжение аккумуляторной батареи; 7 — положение дроссельной заслонки; 8 — информация о режиме пуска; 9 — детонация; 10 — компрессия; 11 — датчик концентрации кислорода; 12 — аналого-цифровой преобразователь; 13 — микропроцессор; 14, 15 — постоянный и промежуточный (оперативный) блоки памяти; 16, 17 — каскады усиления; 18 — система питания; 19 — система зажигания

токов и напряжений. Эти сигналы преобразуются в аналоговые в аналого-цифровом преобразователе 12, превращаясь в цифровую (двоичный код) информацию. Микропроцессор 13 обрабатывает полученную информацию по программе, заложенной в блоке памяти 14, с использованием блока оперативной памяти 15.

После усиления сигналов, выработанных контроллером, они поступают в виде команд в системы питания и зажигания, корректируя работу двигателя для данных условий.

В ЭБУ заложена также система самодиагностики, обнаруживающая нарушения в работе контроллера и элементов системы и вводящая их в запоминающее устройство. При неисправности одного или нескольких датчиков ЭБУ начинает работать согласно значениям, заложенным в программе. После получения от датчиков нормальной информации контроллер переходит в штатный режим работы. Данные о неисправностях, введенных в запоминающее устройство контроллера, могут быть использованы при диагностировании в процессе технического обслуживания автомобиля. Подобные схемы управления применяются в большинстве систем, в частности, в системах «Феникс», «Мотроник» и др.

Управление дизелем аналогично управлению бензиновым двигателем, но при исключении управления зажиганием. На основании данных о частоте вращения коленчатого вала и положения педали подачи топлива ЭБУ рассчитывает количество впрыскиваемого топлива. Это количество топлива уточняется по информации о температуре охлаждающей жидкости, температуре и давлении засасываемого в двигатель воздуха. ЭБУ подает сигнал на ТНВД на открытие или закрытие возвратного канала топлива из плунжерной камеры, изменяя интервал времени от начала впрыска до открытия возвратного клапана, тем самым дозируя количество подаваемого топлива. Исполнительным механизмом, регулирующим количество впрыскиваемого топлива по сигналам ЭБУ, служит электромагнитный игольчатый клапан, установленный на распределительной головке ТНВД. Одновременно с управлением впрыска топлива управляется и положение воздушной заслонки, обеспечивая снижение вибраций и предотвращая «разнос» двигателя.

На двигателях с тремя и четырьмя клапанами на каждом цилиндре обеспечивается электронное управление временем открытия клапанов и величиной их хода по определенной программе. Такие системы управления обеспечивают повышение мощности двигателя и экономичности. На автомобилях фирмы «Мицубиси» с системами электронного управления клапанами повышена мощность и экономичность более чем на 15 %.

Управление подачей газа в двигатель, работающий совместно на бензине и газовом топливе, осуществляется по электрической схеме (рис. 1.24). При этом следует отметить, что принцип построения электрических схем для систем питания как на топливе низкого, так и высокого давлений одинаков. Управление поступлением газа или бензина осуществляется с помощью электромагнитного газового 4 и бензинового 12 клапанов. Напряжение на катушки этих клапанов поступает от переключателя «Бензин»—«Газ» от замка зажигания 10. В нейтральном положении переключателя 13 клапаны закрыты. В положении переключателя «Бензин» бензиновый клапан открывается. В положении переключателя «Газ» на обмотки катушек газовых клапанов 6 и 4 подается через ЭБУ напряжение управления электромагнитными клапанами. Клапаны включаются ЭБУ от сигнала датчика вращения коленчатого вала двигателя при условии искрообразования при вращении вала. При отсутствии сигнала от датчика клапаны выключаются через 1,5 с. При неработающем двигателе ЭБУ обеспечивает кратковремен-

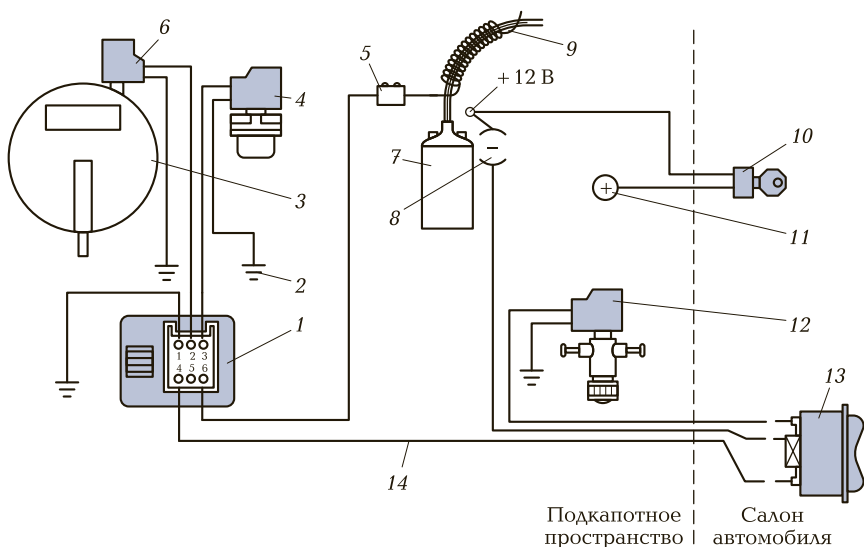


Рис. 1.24. Электрическая схема системы питания газового двигателя:

1 — блок управления; 2 — корпус автомобиля («масса»); 3 — редуктор; 4 — электромагнитный газовый клапан; 5 — соединитель; 6 — электромагнитный клапан пускового редуктора; 7 — катушка зажигания; 8 — предохранитель; 9 — датчик вращения коленчатого вала двигателя; 10 — замок зажигания; 11 — клемма «+» аккумулятора; 12 — бензочлапан; 13 — переключатель «Бензин»—«Газ»; 14 — провод

ное открытие клапанов 6 и 4 на 1,5 с и поступление пусковой дозы газа для запуска двигателя. Если при пуске двигатель не заводится, то блок 1 автоматически отключает подачу газа. Такая ситуация может наблюдаться, если двигатель заглох. Во время попытки запуска двигателя и в процессе его работы клапаны открыты.

Устройства микропроцессорной системы управления двигателями внутреннего сгорания. Для автомобильного двигателя характерна работа в широком диапазоне нагрузочного, скоростного и теплового режимов. В основном работает двигатель на неустановившихся режимах, к которым относятся пуск и прогрев, разгон и торможение, набор нагрузки и ее сброс, а также остановка двигателя.

Существуют автомобили, двигатели которых могут работать на нескольких видах топлив, а также совместно с двигателями различного энергообеспечения, например, гибридные системы. Поэтому современная система управления работой двигателя очень сложна. Основой таких систем управления является микропроцессор, который получает информацию от датчиков о состоянии двигателя и условиях его работы, характеризующихся комплексом контролируемых возмущающих воздействий.

Микропроцессорная система управления двигателем состоит из ЭБУ (контроллера) с входящим в него микропроцессором, аппаратуры (датчиков) информации о состоянии двигателя и режимов его работы и исполнительных устройств. На основании получаемой информации от датчиков микропроцессор формирует комплекс управляющих воздействий — закодированных сигналов, поступающих в контроллер. Контроллер, в свою очередь, передает управляющие воздействия на исполнительные устройства, управляющие рабочим процессом в двигателе. В управляемые показатели двигателя входят крутящий момент, частота вращения коленчатого вала, давление и температура в системах топливоподачи, наддува, смазочной, охлаждения, содержание кислорода в отработавших газах (состав и количество вредных выбросов — датчика концентрации кислорода), а также расход топлива, масла, воздуха и воды. Соответственно, для обеспечения оптимальной работы двигателя осуществляется управление следующими процессами: длительностью впрыскивания топлива; составом смеси топлива и воздуха; опережением впрыскивания топлива или зажигания; давлением впрыскивания топлива; фазами газораспределения; режимом холостого хода; температурами в системах охлаждения, смазочной, подачи воздуха; степенью сжатия; равномерностью нагрузки цилиндров и др.

ЭБУ имеет три типа памяти:

- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), необходимое для хранения текущей информации и обеспечения работы системы управления (информация в ОЗУ теряется при отключения питания от аккумуляторной батареи);
- постоянно запоминающее устройство (ПЗУ), в котором находятся программы, обеспечивающие управление и конкретные значения калибровок (конкретные численные значения параметров программ) данной системы, которые не могут быть изменены без замены ПЗУ или его перепрограммирования;
- перепрограммируемое запоминающее устройство (ППЗУ), используемое для временного хранения дополнительной информации о работе системы (информация ППЗУ сохраняется при отключении питания контроллера).

Для оптимизации процесса работы двигателя необходимо управлять следующими процессами и показателями:

- продолжительностью впрыскивания топлива для каждого цилиндра;
- составом топливной смеси;
- дросселированием заряда при впуске;
- опережением впрыскивания топлива или зажигания;
- давлением впрыскивания топлива;
- числом фаз и характеристиками впрыскивания топлива;
- параметрами впрыскивания топлива;
- давлением воздуха наддува;
- фазами газораспределения и величиной подъема клапанов;
- интенсивностью вихревого движения заряда в цилиндре;
- подачей воздуха на режиме холостого хода;
- количеством рециркулирующих газов;
- газодинамической настройкой впускного тракта;
- подачей вторичного воздуха к нейтрализатору;
- температурами в системах охлаждения, смазочной и воздухообеспечения;
- числом работающих цилиндров;
- степенью сжатия;
- равномерностью нагрузки цилиндров;
- улавливанием паров топлива.

Помимо управления перечисленными процессами контроллер должен осуществлять включение и отключение топливного насо-

са, кондиционера, систем подогрева, а также обеспечивать поддержание значений регулируемых параметров, диагностирование систем, аварийную защиту двигателя и др.

Датчики (преобразователи), входящие в состав контроллера, обеспечивают сбор, обработку и ввод в микропроцессор информации о состоянии двигателя, условиях и режиме его работы, а также контролируемых возмущающих воздействиях. В современных системах управления используют датчики трех типов: аналоговые, импульсные и релейные. Получают распространение и так называемые интеллектуальные датчики, представляющие собой встроенные в датчик микропроцессорные устройства для первичной обработки поступающего сигнала, что повышает надежность системы и увеличивает помехозащищенность. Основным или главным задатчиком является датчик, устанавливаемый на педали и фиксирующий ее положение.

Исполнительные устройства — это преобразователи электрического управляющего сигнала контроллера в перемещение, давление, расход жидкости или газа и другие физические параметры. Различают исполнительные устройства импульсного и непрерывного (аналогового) действия. По виду преобразования исполнительные устройства могут быть электромеханическими, электрогидравлическими и электропневматическими. Электромеханические преобразователи непрерывного действия представляют собой пропорциональные электромагниты или электродвигатели постоянного тока. Электромагниты компактны, обладают необходимым быстродействием по сравнению с электродвигателем, но при отключении управляющего воздействия возвращаются в исходное положение в отличие от электродвигателя. Практическое применение имеют, как правило, релейные системы, имеющие либо два устойчивых положения — «Включено» и «Выключено», либо три — перемещение в одну или другую сторону и «Выключено». Электромагниты представляют собой обычные соленоиды, состоящие из неподвижного магнитопровода и подвижного якоря, выполненных из ферромагнитных материалов, и обмотки. Время срабатывания таких соленоидов при ходе якоря не более 0,5 мм составляет 0,1 мс.

В топливных системах некоторых легковых автомобилей используются преобразователи — геленоиды (соленоиды малых габаритных размеров) и пьезоактюаторы, составленные из набора пьезопластин. Пьезоактюаторы фирмы «Сименс» наряду с дозированной подачей топлива создают направленную вибрацию с заданной частотой, способствующую мельчайшему распылению то-

плива до образования во впускном канале топливовоздушного тумана. В этом случае мощность двигателя повышается примерно на 5...7 %.

Электрические клапаны преобразуют электрические управляющие сигналы в изменение площадей отверстий каналов подачи жидкостей (топлив, воздуха, сжиженных газов, масла и др.) или газов. Основой электрических клапанов является один из видов электромеханических преобразователей. По характеру изменения сечения клапана различают электрические клапаны с нормально закрытым или открытым затвором. Наибольшее распространение получили клапаны с подвижным коническим затвором, однако имеются и шаровые клапаны, выполненные в виде самоустанавливающихся шариков в коническом седле.

В бензиновых двигателях с впрыскиванием топлива во впускные каналы применены электромеханические преобразователи в виде **электромагнитных форсунок**. Величина подачи топлива определяется длительностью открытого состояния форсунки, которая обеспечивается при ходе иглы 60...90 мкм. Подбор форсунки для конкретного двигателя (объема цилиндра) определяется следующими характеристиками: статическим расходом топлива, динамическим диапазоном работы, временем открытия и закрытия форсунки, минимальной подачей топлива за цикл, конусом распыления и дальностью факела, а также дисперсией распыливаемого топлива. Особое внимание следует уделять динамическому диапазону работы (ДДР) форсунки, определяющему возможность сохранения точного управления подачей топлива при изменении нагрузки. На величину ДДР оказывает влияние масса якоря электромагнита с клапаном и сила сжатия пружины клапана. Увеличение затяжки пружины понижает время открытия форсунки и снижает время ее закрытия. Качество распыливаемого топлива зависит от давления впрыскивания и конструкции распылителя. У распыливающих форсунок средний диаметр капель находится в пределах 150...200 мкм. Ведутся работы по использованию пьезоэлектрических форсунок, позволяющих работать при высоких давлениях и изменении характеристик впрыскивания в широких пределах.

Помимо основных рабочих форсунок на ряде двигателей предусмотрена пусковая форсунка, которая предназначена для впрыскивания дополнительного топлива во впускной коллектор в момент пуска холодного двигателя.

Для дизелей используют электрогидравлические форсунки, в которых электромеханический преобразователь воздействует на

иглу через гидравлический привод, выполняющий роль усилителя или увеличителя хода. В исходном положении игла прижимается к седлу силой пружины и разностью сил, создаваемых давлением топлива в управляющей камере и камере, расположенной под иглой. При подаче управляющего электрического импульса на электромагнит клапан открывается, и давление в управляющей камере понижается. Сила, создаваемая давлением топлива, преодолевает силу пружины, прижимающей иглу, и поднимает иглу, открывая подачу топлива в цилиндр. Игла остается в открытом положении до изменения давления в управляющей камере, обусловленного уменьшением давления топлива в распылительном канале. В закрытом состоянии игла удерживается силой пружины и силой давления на входе в форсунку за счет разности площадей иглы в камерах над и под иглой.

Аналогичные действия выполняет форсунка фирмы «Бош»; ее управление осуществляется гидроприводным поршнем. Форсунки фирмы «Сименс» используют пьезопровод управляющего клапана, что позволяет увеличить быстродействие форсунки в 4—6 раз и повысить точность дозирования.

1.9. ВОДОРОДНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Особенно перспективным считается применение автомобильных двигателей на водородном топливе, поскольку это самый дешевый энергоноситель. В настоящее время вопрос создания таких двигателей достаточно проблемен, хотя теоретические предпосылки в решении данного вопроса имеются и даже в ряде автомобильных фирм уже созданы опытные установки.

В водородных силовых агрегатах топливные элементы преобразуют энергию водорода в электрическую, питающую тяговый электродвигатель. Благодаря этому КПД превышает 60 %. Для сравнения, этот показатель у дизелей с турбонаддувом не превышает 50 %, а у бензиновых двигателей — 30 %. Водород как топливо может использоваться в жидком, газообразном и комбинированном с природными газами состоянии.

Ученые ведут поиск топливных водородных элементов, имеющих сравнительно низкую рабочую температуру и относительную простоту конструкции. К таким элементам можно отнести твердооксидный с протонообменной мембраной элемент PEM. Работа топливного элемента PEM осуществляется следующим образом. Электроды (анод и катод) элемента PEM представляют собой

угольные пластины с нанесенным на них катализатором — платиной — и разделенных протонно-проводящей полимерной или керамической мембраной. Под действием катализатора анода водород диссоциирует и теряет электроны. Протоны при этом проходят через мембрану к катоду. Электроны задерживаются мембраной и направляются во внешнюю цепь, создавая электрический ток. На катализаторе катода молекулы кислорода соединяются с электронами, подводимыми из внешней цепи, и протонами, образуя водяной пар.

Основные проблемы создания автомобилей с водородным двигателем: высокая химическая активность водорода; отсутствие надежных и безопасных средств хранения водородного топлива на автомобиле; огромные затраты на создание необходимой инфраструктуры, обеспечивающей производство водорода; разработки способов и условий безопасного хранения газообразного или сжиженного водорода в больших объемах; создание сети заправочных станций. Кроме того, сложность в эксплуатации водородных двигателей заключается в возможности образования при смешивании с кислородом взрывоопасной смеси (при горении пламя невозможно обнаружить невооруженным глазом), а также в свойстве водорода вызывать высокую хрупкость контактирующего металла.

Однако, учитывая дешевизну получения водородного топлива и его энергетические показатели по сравнению с жидкими топливами переработки нефти и применяемыми топливами на природном газе, создание двигателей на водородном топливе имеет большие перспективы для будущего развития энергетики и не только в автомобилестроении. Один из основных способов получения водорода в настоящее время — электролиз (разложение воды на водород и кислород при пропускании через воду электрического заряда). Например, в Японии создана модель автомобиля, работающего на воде. В силовой установке автомобиля на специальных топливных ячейках происходит расщепление воды на водород и кислород, которые затем в электрохимическом генераторе соединяются, образуя электричество и на выходе — водяной пар. Образованный при этом электрический ток поступает в электромотор автомобиля.

В отечественных разработках (НАМИ) положен принцип создания автомобиля с комбинированной водородной энергоустановкой. Разработка водородного двигателя ведется поэтапно: первый этап заключается в создании двигателя, работающего на смеси водорода с оксидом или диоксидом углерода, получаемыми путем распада ионов природных газов метана или метанола; вторым этапом работы является создание системы получения водородного

топлива, но уже на основе синтеза метанола или метана непосредственно на автомобиле.

Разработка непосредственно водородного двигателя для легкового автомобиля требует высокой безопасности силовой установки, предусматривающей обеспечение взрывобезопасности и контроля за возможными утечками газа и наличие приборов практически мгновенного отключения давления газа при аварийных ситуациях. Применение электрооборудования на автомобиле с водородным двигателем требует защиты от высокого напряжения и электромагнитного воздействия, для чего необходимо капсулирование и заземление магистралей и приборов высокого напряжения, экранирование зон высокого электромагнитного излучения, применение высокопрочных изолирующих материалов.

В качестве источника электроэнергии на водородных двигателях приходится использовать никель-металл-гидридные и литий-ионные аккумуляторы, имеющие большую энергоемкость по сравнению со свинцовыми (см. гл. 2).

Большую сложность в создании элементов двигателя, непосредственно соприкасающихся с водородом, представляет защита металлов от водородной хрупкости, что требует разработки совершенно новых антикоррозионных присадок, устойчивых к совместной работе материалов, и защитных покрытий.

Пробеговые испытания опытных автомобилей, использующих водородное топливо, показали, что с точки зрения энергетической ценности один килограмм водорода соответствует одному галлону (3,78 литра) бензина.

1.10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЯГОВЫЙ ПРИВОД

Стремление улучшить экологию автомобильного транспорта заставило ученых обратить внимание на электропривод. Этому способствовало и развитие полупроводниковой микроэлектроники, позволяющей реализовать создание систем управления в компактных устройствах, обладающих высокой надежностью. Наиболее широкое применение получил тяговый привод с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения. Такой двигатель обладает рядом достоинств: обеспечивает при разгоне максимальный момент при ограниченном токе, имеет сравнительно небольшие габаритные размеры (коэффициент объема порядка 0,8) и повышенную перегрузочную способность (на параллельно работающих двигателях автоматически достигается равномерное распределение

нагрузки), а также позволяет создать несложную защиту при аварийных режимах. Однако потребность снижения энергопотерь в тяговом приводе привела к созданию электродвигателей постоянного тока со смешанным, а затем и независимым регулируемым возбуждением. Такой двигатель обеспечивает улучшение управляемости электромобиля (особенно в режиме электрического торможения), расширение пределов регулирования скорости, улучшение разгонной динамики. Но несмотря на широкие возможности применения двигателей постоянного тока для тяговой системы электромобилей, они имеют существенные недостатки: наличие коллекторно-щеточного узла; более низкие по сравнению с электродвигателями переменного тока объемные и весовые показатели; ограниченность перегрузочной способности и др.

Ряд преимуществ асинхронных электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором, позволяющих значительно снизить массу тягового электродвигателя, обеспечить высокую частоту вращения и высокий КПД, а также их малая стоимость, требуют проведения работ по созданию электропривода с такими электродвигателями. Однако для широкого применения асинхронных электродвигателей необходимо решение вопроса по созданию надежного и сравнительно дешевого преобразователя частоты с силовыми транзисторами и тиристорами.

В настоящее время одним из основных вариантов исполнения тягового электропривода является привод с двигателем постоянного тока независимого возбуждения, тиристорным силовым преобразователем в цепи якоря двигателя и транзисторным регулятором тока возбуждения (рис. 1.25). Якорь двигателя М питается от тяговой батареи *GB* через силовой преобразователь СП на тиристорах и вентилях. Обмотка возбуждения двигателя ОВ питается от тяговой батареи через транзисторный преобразователь ПВ. Реверсирование двигателя производится переключением полярности обмотки возбуждения с помощью контактора КР. Ток в якорной цепи двигателя сглаживается дросселем Др. Дроссель также служит накопителем электромагнитной энергии при режиме импульсного торможения. Симметричная схема силового преобразователя обеспечивает плавный переход из режима тяги в режим торможения и обратно.

Задание параметров режима тяги производится бесконтактным индуктивным датчиком ЗС, связанным с педалью хода ПХ. Установка параметров режима торможения производится индуктивным датчиком ЗТ, на который воздействует педаль торможения ПТ. Силовой преобразователь СП на основании сигналов регуля-

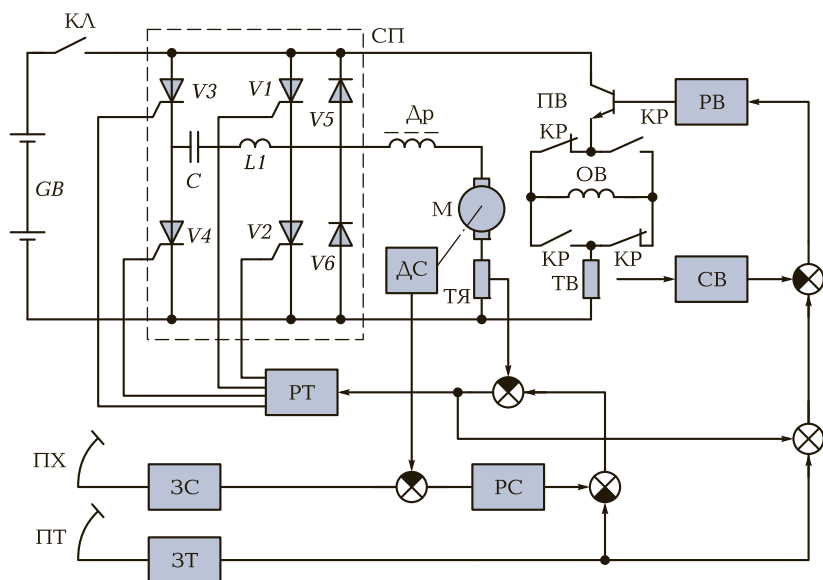


Рис. 1.25. Схема электропривода с тиристорным преобразователем в цепи якоря:

М — якорь двигателя; GB — тяговая батарея; СП — силовой преобразователь; V1 — V4 — тиристоры; V5, V6 — вентили; ОБ — обмотка возбуждения; ПВ — транзисторный преобразователь возбуждения; КР — контактор; Др — дроссель; РС — регулятор скорости; ТЯ и ТВ — датчики; ЗС и ЗТ — индуктивные задатчики; ПХ — педаль хода; ПТ — педаль торможения; РТ — регулятор тока якоря; РВ — регулятор возбуждения

тора скорости РС осуществляет импульсное частотное регулирование выходного напряжения с использованием тириستоров. В режиме тяги работает тиристор V1, а в режиме торможения — тиристор V2, остальные тиристоры выполняют функции переключения режимов.

Развитие цифровой вычислительной техники и ее элементной базы создает благоприятные условия рациональной и эффективной организации систем управления работой электрическими тяговыми приводами, применяемыми в электромобилях. Упрощенный алгоритм такого управления будет следующим. В режиме тяги: а — движение «вперед» с регулированием момента на валу двигателя; б — быстрый разгон; в — движение «вперед» с регулированием скорости по напряжению на якоре и по току возбуждения; г — движение «назад». В режиме торможения: а — управление моментом по току возбуждения; б — управление моментом по

цепи импульсного замыкания якоря двигателя (режим рекуперативно-динамического торможения); в — экстренное торможение; г — режим в движении «свободный выбег».

1.11. ГИБРИДНЫЕ СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ

Многие зарубежные фирмы, создающие автомобили, ведут интенсивные работы по созданию и совершенствованию автомобилей с комбинированными силовыми установками, в которых совмещен электрический и тепловой двигатели в единую силовую систему. Такая силовая установка автомобиля получила название гибридной. Транспорт с гибридным двигателем обладает высокими экологическими качествами и удобен для применения в городских условиях. Наибольшую известность получила «Тойота Приус» (Toyota Prius).

Известны два основных типа гибридного привода — последовательный и параллельный. В первом случае ДВС никак не соединен с колесами — он работает на генератор, заряжающий аккумулятор. Тяговые же электродвигатели в зависимости от режима движения получают ток либо от батарей, либо от генератора напрямую плюс батареи как добавка. Во втором варианте ДВС соединен с колесами через обычную коробку передач. И к колесам же подсоединен электромотор, получающий питание от аккумуляторов. И в том и в другом случае тяговые электромоторы при торможении могут работать как генераторы, обеспечивая возврат энергии, что и дает выигрыш в экономичности.

Наиболее совершенной системой соединения узлов привода считается система «СПЛИТ», в которой выходные валы поршневого двигателя и электрических машин связаны с помощью несимметричного планетарного дифференциала, что позволяет поршневому двигателю работать на расчетном режиме и сократить потери при перераспределении мощности между элементами гибридной энергоустановки и колесами автомобиля (рис. 1.26). Выпущена партия автомобилей, ставшая вторым поколением автомобилей «Тойота Приус» с гибридным двигателем, а также расширен модельный ряд гибридных двигателей для автомобилей различного класса. На всех моделях применен четырехцилиндровый ДВС с четырьмя клапанами на цилиндр и регулировкой фаз газораспределения; степень сжатия 13, мощность 76 л. с. Тяговый электродвигатель — синхронный на постоянных магнитах мощностью 67 л. с. По данным фирмы расход топлива составляет при-

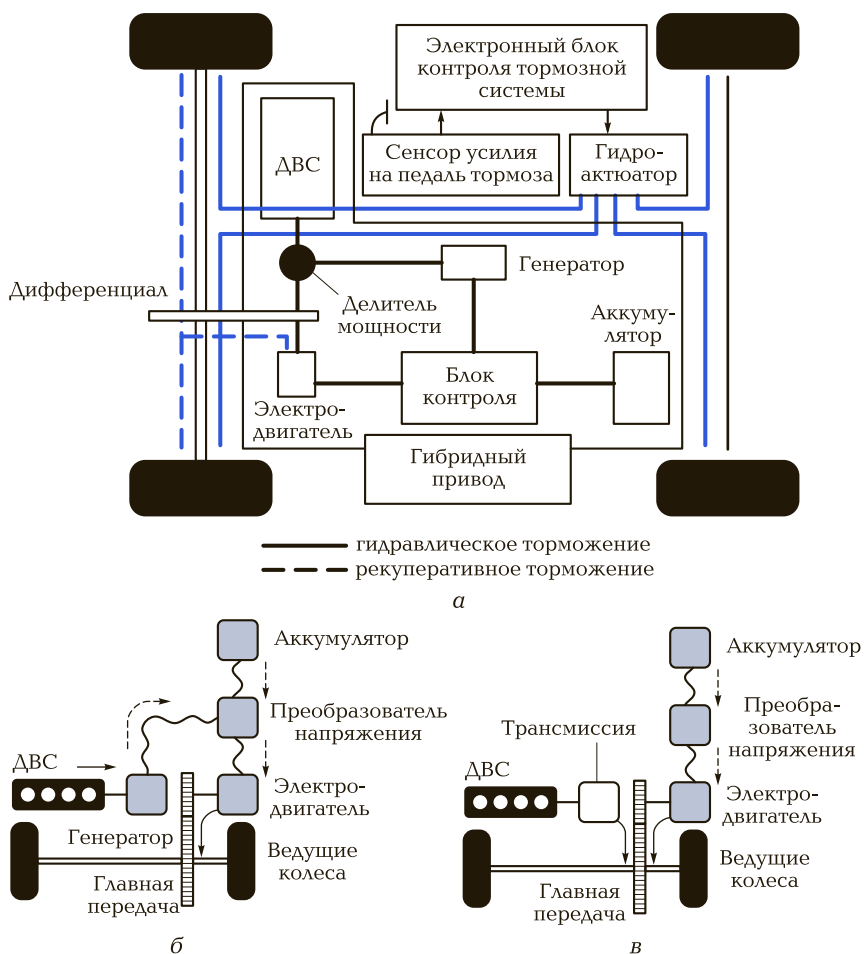


Рис. 1.26. Конструктивная схема (а) и режимы работы (б, в) гибридной силовой установки автомобиля «Тойота Приус»

мерно 4,3 л на 100 км пробега по шоссейным дорогам с твердым покрытием.

В силовой установке электрообеспечение системы движения и всех потребителей энергии осуществляется отдельным силовым генератором и никель-металл-гидридным аккумулятором, обладающим большой пиковой мощностью. В настоящее время разработаны для гибридных двигателей литий-ионные аккумуляторы, масса которых примерно в два раза меньше массы традиционных.

Управление работой всех систем с перераспределением нагрузки между всеми элементами на всех режимах движения осуществляется электронным блоком управления и коммутатором. При этом возможно движение как на одном ДВС, так и совместная работа ДВС и электродвигателя. В случае равномерного движения часть мощности ДВС будет распределяться на генератор, систему управления и тяговый электродвигатель.

В системе предусмотрена подзарядка аккумуляторной батареи при движении автомобиля от двух источников: ДВС и электродвигателя в режиме торможения.

В силовом приводе использован делитель мощности, представляющий собой планетарный редуктор, центральное солнечное зубчатое колесо которого соединено с генератором, водило — с ДВС, а наружное (внешнее) колесо — с электромотором и ведущими колесами автомобиля. Такая система обеспечивает плавное распределение потока мощности между силовыми узлами при различных направлениях вращения. В частности, возможно трогание автомобиля с места на одном электродвигателе с последующим запуском ДВС уже при движении.

При работе гибридной силовой установки реализуются дифференциальный и блокированный межосевой приводы. При движении по дорогам с твердым покрытием, имеющим высокий коэффициент сцепления, автомобиль может перемещаться в режиме разблокированного привода колес без введения трансмиссии межосевого дифференциала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие механизмы и системы обеспечивают необходимый режим работы ДВС?
2. По каким основным признакам различаются ДВС?
3. Из каких тактов состоит рабочий цикл четырехтактного и двухтактного двигателей?
4. Назовите основные показатели, характеризующие работу ДВС.
5. Назовите основные узлы и детали ДВС.
6. Назовите основное назначение смазочной системы и системы охлаждения.
7. Назовите особенности и различие принципов работы бензиновых ДВС и дизелей.
8. Назовите особенности работы системы с непосредственным впрыском и карбюраторных ДВС.

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ

2.1. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ АВТОМОБИЛЯ

2.1.1. Общие сведения

Электрооборудование автомобиля состоит из большого числа приборов системы управления двигателем (в ряде случаев — и агрегатами ходовой части), контроля и диагностики, контактных групп, источников энергообеспечения, приборов освещения и комфорта, соединительных линий и др. Основой электрооборудования любого легкового автомобиля является система управления работой двигателя. Наиболее простой вариант электрооборудования легкового автомобиля с бензиновым двигателем представлен на рис. 2.1.

В ходе развития автомобилестроения система электрооборудования автомобиля постепенно усложнялась введением новых устройств, обеспечивающих снижение расхода топлива, диагностику и автоматизацию контроля за работой систем, повышение экологических свойств двигателя, безопасности, комфорта водителя и пассажиров и др. Однако, в своей основе, система энергообеспечения автомобиля существенных изменений не претерпела.

Основные источники электрической энергии автомобиля — аккумуляторная батарея и генератор, снабжающие электрическим током все системы и устройства, обеспечивающие работу и безопасность движения автомобиля. Потребителями электрической энергии в автомобиле являются система пуска двигателя (стартер); система зажигания рабочей смеси в цилиндрах бензиновых и газовых двигателей; электронная система управления работой двигателя; система наружного и внутреннего освещения; система све-

товой и звуковой сигнализации; системы контроля и оповещения; дополнительное оборудование (вентиляторы, стеклоочистители, кондиционеры, стеклоподъемники, аудиоаппаратура, охранная система и др.).

Источники электрической энергии автомобиля вырабатывают для питания потребителей постоянный электрический ток напряжением 12 В. Включение приборов электрооборудования осуществляется по однопроводной схеме, предусматривающей подключение источников питания к потребителям «плюсовым» проводом. «Минусовым» проводом — «массой» — служит кузов автомобиля.

Электрические провода для подключения источников энергии к потребителям подбирают в различной цветовой гамме, объединяют в жгуты и соответствующим образом маркируют. Для соединения проводов и приборов применяют малогабаритные штекеры-наконечники.

Связующим узлом всей электропроводки автомобиля является монтажный блок, устанавливаемый в доступном и удобном для обслуживания месте. В монтажном блоке размещены все предохранители и вспомогательные реле, обеспечивающие работу вентиляторов, системы освещения, очистителей и омывателей стекол,

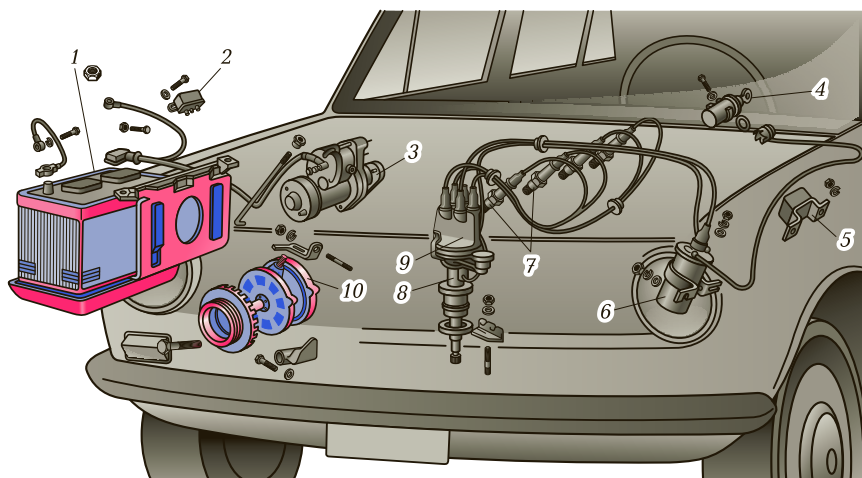


Рис. 2.1. Состав приборов электрооборудования легкового автомобиля:

1 — аккумуляторная батарея; 2 — реле заряда аккумуляторной батареи; 3 — стартер; 4 — выключатель зажигания; 5 — регулятор напряжения; 6 — катушка зажигания; 7 — свечи зажигания; 8 — распределитель зажигания; 9 — крышка распределителя зажигания; 10 — генератор

кондиционера и т.п. Электрические соединения в монтажном блоке выполнены на печатных платах.

Напряжение питания к большинству потребителей подведено через выключатель зажигания, однако ряд систем, работа которых необходима независимо от положения ключа зажигания (стоп-сигнал, звуковая сигнализация, аварийное освещение и др.), постоянно подключены к аккумуляторной батарее.

2.1.2. Аккумуляторная батарея

Переход на новые виды топлив для автомобилей требует совершенствования системы энергообеспечения. Особенно остро этот вопрос возникает при переходе электродвигателей на гибридные силовые агрегаты. В частности, по данным исследований США для обеспечения требуемого запаса хода автомобилей с электроприводом необходим уровень удельной энергоемкости и мощности источников тока от 60 до 200 Вт·ч/кг. В настоящее время известны такие источники тока с высокой энергоемкостью, как серебряно-цинковые аккумуляторные батареи и менее дорогие никель-цинковые, никель-железные и широко используемые свинцово-кислотные батареи.

Аккумуляторная батарея обеспечивает электрическим питанием все системы и приборы автомобиля на стоянке и при выключенном двигателе, а также выступает основным источником электроэнергии при пуске двигателя. При заряде аккумулятор преобразует электрическую энергию в химическую, запасаемую в активной массе аккумуляторных электродов. При разряде химическая энергия вновь трансформируется в электрическую энергию, потребляемую системами автомобиля.

Свинцово-кислотные аккумуляторы (СКА) наиболее широко используются на автотранспорте благодаря их низкой стоимости и простоте в эксплуатации. Фактическая удельная энергия аккумулятора равна 20...30 Вт·ч/кг.

Аккумуляторная батарея состоит из шести свинцово-кислотных двухвольтовых аккумуляторов, соединенных между собой последовательно, обеспечивая в электрической цепи автомобиля постоянный ток напряжением 12 В. Аккумуляторы батареи размещены в полипропиленовом баке, разделенном непроницаемыми перегородками на шесть отсеков. В каждом отсеке находится блок из поочередно расположенных положительных и отрицательных пластин, выполненных в виде решетки, заполненной пористой активной массой из свинца и его оксидов. Между пластинами в блоках

размещены сепараторы из тонкого микропористого поливинилхлорида, обеспечивая изоляцию разноименных пластин. Тонкий, пористый сепаратор, являясь хорошим изолятором, значительно снижает внутреннее сопротивление батареи, позволяя получать большую силу разрядного тока. Пластины одинаковой полярности собраны в полублоки с общим пластинчатым выводом-бареткой. Последовательно соединенные пластины аккумуляторов выведены в виде положительного и отрицательного полюсных штырей. К баку аккумуляторной батареи приварена крышка с отверстиями для заливки электролита в каждый аккумулятор и выводами двухполюсных штырей.

Электролитом в аккумуляторе служит раствор серной кислоты в дистиллированной воде. При разряде батареи серная кислота взаимодействует с активной массой пластин, превращая ее в сульфат свинца. При реакции количество кислоты в электролите уменьшается, и плотность электролита снижается. Для восстановления плотности и электрической емкости аккумулятора требуется его подзарядка. При зарядке батареи под воздействием тока сульфат свинца в активной массе положительных пластин превращается в пероксид свинца, а у отрицательных пластин — в губчатый свинец. При этом в электролит выделяется серная кислота, и плотность его увеличивается. В зависимости от климатического района и сезона эксплуатации автомобиля необходимо использовать электролит определенной плотности. Например, в северных районах плотность электролита необходимо поддерживать в диапазоне 1,27...1,29 г/см, в центральных районах — 1,25...1,27 г/см. Меньшие значения плотности соответствуют более теплomu сезону эксплуатации. Следует отметить, что указанные значения плотности относятся к температуре окружающей среды +25 °С. Плотность электролита значительно зависит от температуры.

Каждая аккумуляторная батарея обладает определенной электрической емкостью. **Номинальная емкость** аккумуляторной батареи — это количество электричества, которое отдает полностью заряженный аккумулятор при разряде с установленной силой тока в течение 20 ч до напряжения 10,5 В. Емкость измеряется в ампер-часах (А·ч) и зависит от числа и размера пластин, силы разрядного тока и температуры электролита. При понижении температуры на 1 °С плотность электролита уменьшается на 1 %, т.е. если емкость батареи при +25 °С составляет 50 А·ч, то при -25 °С емкость уменьшится вдвое и будет составлять всего 25 А·ч.

Аккумулятор должен обладать **резервной емкостью**, которая характеризуется способностью снабжения потребителей электро-

энергией (система зажигания, освещение, стеклоочистители и др.) при отказе генератора для обеспечения безопасного движения автомобиля. Резервная емкость измеряется в минутах при разряде полностью заряженной батареи током 25 А при температуре +27 °С до напряжения 10,5 В. На американских и некоторых аккумуляторах восточных стран указывается резервная емкость вместо номинальной.

Для оценки возможности отдавать аккумулятором большие токи, необходимые для работы стартера при пуске двигателя, используют такие показатели, как ток стартерного разряда и ток холодной прокрутки. **Ток стартерного разряда** — это максимальный ток в амперах, который аккумулятор (батарея) способен отдавать на 30-й секунде непрерывного разряда при температуре электролита 18 °С без падения напряжения на клеммах ниже 9 В. При этом общее время разряда до 6 В должно быть не менее 2,5 мин. Чем выше значение этого параметра, тем более высокие пусковые свойства батареи. **Ток холодной прокрутки** по американскому стандарту (SAE) определяется на 30-й секунде разряда при температуре электролита +18 °С при напряжении на выводных клеммах 7,2 В.

Отечественные аккумуляторные батареи имеют определенную маркировку: 6СТ-55А, 6СТ-70А и т.д. Первая цифра в маркировке указывает число аккумуляторов в батарее; буквы СТ означают, что батарея стартерного типа; последующие цифры — номинальная емкость, А·ч; буква А показывает, что бак изготовлен из полипропиленовой пластмассы.

Под маркой «Энерджекко» в Россию для легковых автомобилей поставляются необслуживаемые аккумуляторы емкостью 62 и 100 А·ч. Аккумуляторы полностью подготовлены к эксплуатации и заправлены многокомпонентным электролитом с антисульфатными и другими присадками. В аккумуляторах применены пластины из сверхчистого кальциевого свинца, позволяющие сократить время зарядки батарей. Они отличаются большими пусковыми токами, морозостойчивостью и малыми габаритными размерами.

Появление новых систем автомобилей (гибридных и электрических силовых агрегатов) потребовало применения новых аккумуляторов, к которым относятся никель-кадмиевые, никель-железные, никель-цинковые, литий-ионные и другие аккумуляторы.

Никель-железные аккумуляторы (НЖА) наиболее перспективны для использования в автомобилях с гибридным двигателем и в электромобилях. НЖА отличаются сравнительно небольшой стоимостью и большим сроком службы. Основные проблемы при ис-

пользовании НЖА — интенсивное выделение водорода при заряде и невозможность герметизации. Разницы между отечественными и зарубежными аккумуляторами этого типа нет. К недостаткам щелочных аккумуляторов следует отнести рост температуры аккумулятора до 60 °С при разряде, что требует в эксплуатации дополнительного охлаждения.

Литий-ионные аккумуляторы по своим характеристикам значительно превосходят свинцово-кислотные. Удельная электрическая емкость лития равна 3 860 А·ч/кг, а свинца — всего 260 А·ч/кг. Литий-ионные аккумуляторы хорошо работают при больших токах и низких температурах, а также для них характерен низкий саморазряд (не более 10 % в месяц). К недостаткам литиевых аккумуляторов можно отнести низкую безопасность, обусловленную возможностью взрыва лития при больших перегрузках, и очень высокую стоимость.

При дальнейшем развитии автомобильной техники предполагается переход на электропитание автомобилей (бортовая сеть) 42 В. Разработки аккумуляторов для автомобилей с таким напряжением интенсивно ведутся фирмой «Варта». Переход на новую систему электропитания автомобиля вызван значительным увеличением электрических и электронных потребителей, связанных с требованиями комфортабельности, экономии энергии и малогабаритности комплектующих изделий. В современных автомобилях частые периоды заряда — разряда создают большую нагрузку на аккумуляторную батарею. Для улучшения работы аккумулятора в стартерном и тяговом режимах целесообразно разделить эти функции электропитания на две батареи или перейти на аккумулятор с напряжением 42 В.

2.1.3. Генераторная установка

На легковых автомобилях, как правило, применяют трехфазные генераторы переменного тока, обеспечивающие электрической энергией все системы автомобиля при работе двигателя на средних и повышенных оборотах, а также подзаряжающие аккумуляторную батарею при движении автомобиля.

Генераторная установка представляет собой трехфазную синхронную электрическую машину с электромагнитным возбуждением, вентильным выпрямителем переменного тока в постоянный напряжением ($14 \pm 0,5$) В и микроэлектронным регулятором напряжения. В зависимости от модели автомобиля и нагрузочной характеристики оборудования применяют генераторы с различной

мощностью. Независимо от фирмы, выпускающей легковые автомобили, конструктивная схема применяемых генераторов переменного тока не имеет существенных различий.

Генераторная установка приводится во вращение клиновым ремнем от коленчатого вала двигателя. Генератор состоит из ротора, статора, расположенного между двух крышек, стянутых болтами, шкива с вентилятором, щеткодержателя и регулятора напряжения. Ротор, в свою очередь, состоит из вала, на который напрессованы клювообразные полюса с расположенной между ними обмоткой возбуждения. На валу ротора имеются два контактных кольца, через которые подается в обмотку возбуждения электрический ток. Ротор вращается в шариковых подшипниках, установленных в крышках и заполненных смазкой. Они не требуют обслуживания при эксплуатации. Электромагнитные полюсные наконечники при прохождении тока по обмотке возбуждения создают магнитное поле. Статор изготовлен в виде кольца, состоящего из отдельных стальных пластин, изолированных друг от друга. На внутренней поверхности имеются выступы, на которые надеты катушки, образующие трехфазную обмотку статора. При пуске двигателя в обмотку возбуждения генератора поступает ток от аккумуляторной батареи. Вокруг полюсов ротора создается магнитный поток. После пуска двигателя ротор генератора начинает вращаться, и магнитный поток ротора пересекает витки обмотки статора, индуцируя в ней электродвижущую силу синусоидальной формы. Переменный ток поступает в выпрямительный блок и далее к потребителям электроэнергии, в обмотку возбуждения и на заряд аккумуляторной батареи.

На отечественных автомобилях выпрямительный блок, преобразующий переменный ток в постоянный, собран на шести диодах. На плате выпрямительного блока установлены дополнительно к шести еще три диода, питающие постоянным током обмотку возбуждения ротора и цепь контроля исправности генератора. В цепи генератора имеется конденсатор, обеспечивающий защиту электрооборудования автомобиля от импульсов напряжения в сети и подавление помех при радиоприеме.

Напряжение генератора регулируется электронным неразборным регулятором. Напряжение генератора зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя. При повышенной частоте вращения ротора напряжение генератора начинает превышать 14,5 В. Тогда регулятор напряжения запирает поступление тока в обмотку возбуждения, и напряжение генератора падает. Регулятор напряжения снова начинает пропускать ток в обмотку возбужде-

ния, и процесс повторяется. Замыкание и размыкание цепи питания обмотки возбуждения происходит за счет открытия и закрытия выходного транзистора регулятора, срабатывающего в зависимости от управляющего напряжения на регуляторе. Срабатывание выходного транзистора происходит с большой частотой, поэтому напряжение на выходе генераторной установки остается практически постоянным в пределах 13,5... 14,5 В. Напряжение генератора регулируется в указанных пределах, так как для зарядки аккумуляторной батареи требуется ток, напряжение которого должно быть больше номинального напряжения аккумулятора.

При работающем генераторе (двигателе) запрещается снимать аккумуляторную батарею (отключать от сети), так как при отключении возникнет перенапряжение на выходе генератора, способное повредить регулятор напряжения.

2.2. СИСТЕМА ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ

Сложность пуска двигателя внутреннего сгорания обуславливается трудностью достижения на холодном двигателе высококачественного смесеобразования, надежного воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси. При пуске бензинового двигателя, учитывая, что легкоиспаряемых фракций в бензине при низких температурах мало для образования топливовоздушной смеси, которую можно воспламенить искрой, необходимо обогащать смесь топливом. При этом для обеспечения надежного пуска двигателя необходимо обеспечить частоту вращения коленчатого вала не менее 50 мин^{-1} . Для пуска дизеля температура воздуха в конце хода сжатия должна быть достаточной для самовоспламенения топливовоздушной смеси при впрыске топлива. Поэтому в дизелях применяют высокие степени сжатия в цилиндрах и для обеспечения малых тепловых потерь — высокие скорости вращения коленчатого вала при пуске (не менее 150 мин^{-1}). В двигателях Ванкеля, где поршень вращается с частотой в три раза меньшей, чем коленчатый вал, соответственно увеличивается пусковая частота вращения вала.

Пуск двигателей легковых автомобилей осуществляется специальной электрической системой, состоящей из аккумуляторной батареи, электродвигателя-стартера и стартерной электроцепи с тяговым реле. Как правило, стартеры представляют собой четырехполюсные электродвигатели постоянного тока со смешанным соединением обмоток возбуждения. Например, на ряде легковых

автомобилей применяют три серийные катушки, соединенные последовательно с обмоткой якоря, и шунтовую катушку, включенную параллельно обмотке якоря, или используют более простой вариант: две серийные и две шунтовые катушки. Серийные обмотки стартера выполнены из медного проводника большой площади поперечного сечения, поскольку через них проходит пусковой ток до 500 А, а шунтовые обмотки, включенные параллельно обмотке якоря, имеют меньшее сечение, так как по ним проходит значительно меньший ток. Такое смешанное соединение обмоток возбуждения позволяет получить большой крутящий момент на валу якоря при пуске двигателя и небольшую частоту вращения, что улучшает условия работы механических узлов стартера.

Стартер состоит из корпуса-статора, щеток, якоря, тягового реле, механического привода с муфтой свободного хода и шестерней, входящей при пуске в соединение с губчатым венцом маховика. На ряде автомобилей в стартерную цепь включено дополнительно к тяговому вспомогательное реле. Якорь состоит из вала с напрессованным на нем сердечником с обмоткой и коллектора. В большинстве конструкций стартеров применен торцевой коллектор, представляющий собой пластмассовый диск с медными контактными пластинами. Такой коллектор позволяет уменьшать длину стартера и обеспечивать стабильный контакт щеток при длительной работе. Вал якоря вращается в двух пористых металлокерамических втулках-подшипниках, пропитанных маслом и запрессованных в крышки стартера. На переднем конце вала якоря размещен механический привод стартера, состоящий из роликовой обгонной муфты и шестерни. Обгонная муфта (муфта свободного хода) обеспечивает передачу крутящего момента от вала якоря к венцу маховика через шестерню при пуске двигателя и отвод шестерни от маховика после пуска. Обгонная муфта состоит из двух колец: наружного с роликами, расположенными в клиновидных пазах, и внутреннего. При пуске двигателя вращение якоря стартера передается на наружное кольцо, поворот которого относительно неподвижного внутреннего кольца смещает ролики в узкую часть паза, в результате чего кольца между собой заклиниваются и, вращаясь как единое целое, передают крутящий момент через маховик на вал двигателя. После пуска двигателя скорость вращения внутреннего кольца муфты с шестерней, соединенных с маховиком, превышает скорость вращения вала якоря с наружным кольцом и роликами. Ролики обгонной муфты будут выталкиваться в широкую часть паза, разъединяя шестерню с валом якоря.

В холодное время года при сжатии воздуха поршнем его температура за счет теплообмена с окружающей средой может не достигнуть величины, при которой должно произойти самовоспламенение при впрыске топлива. Чем ниже температура окружающего воздуха, тем труднее запустить двигатель даже при длительном вращении коленчатого вала. Для сокращения времени пуска дизеля применяют легковоспламеняющиеся пусковые жидкости, свечи подогрева воздуха или топлива, жидкостные и химические внешние подогреватели, электрофакельные подогреватели и др. Например, для облегчения пуска дизельного двигателя в головке блока на впускном трубопроводе каждого цилиндра ввернуты свечи накаливания, включаемые кратковременно перед пуском для подогрева впрыскиваемого топлива. При необходимости пустить двигатель свечи накаливания включаются на 40...60 с, после чего активируется стартер. При включении стартера для сохранения постоянной силы тока в цепи свечи некоторое время остаются в нагретом состоянии (за счет подключения дополнительного сопротивления в цепь подогрева), а затем после начала работы дизеля отключаются вместе с выключением стартера.

Для электростартерного пуска дизеля при температуре ниже -20°C без предварительного подогрева применяют пусковую жидкость (например, «Холод Д40», в состав которой входит диэтиловый спирт и петролейный эфир), подаваемую во впускной трубопровод. Для облегчения пуска дизеля применяют также специальное приспособление аэрозольного типа, имеющее аэрозольный баллончик и электромагнитную систему впрыска пусковой жидкости во впускную трубу совместно с топливом.

2.3. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

Рабочая смесь, состоящая из топлива, воздуха и частично оставшихся в цилиндре отработавших газов от предыдущего рабочего цикла, воспламеняется в дизельных двигателях от теплоты предварительно сжимаемого воздуха в цилиндрах, а в бензиновых — от специального источника теплоты (искрового разряда электрической свечи). Мощность источника теплоты, предназначенного для воспламенения рабочей смеси, зависит как от состава смеси и качества ее подготовки, так и от времени, необходимого для сгорания.

В электрических системах зажигания используется принцип преобразования электрической энергии в тепловую через искро-

вой разряд между электродами. Такой принцип позволяет управлять зажиганием рабочей смеси, обеспечивая создание искрового разряда в строго определенные моменты времени и в необходимом количестве тепловой энергии для зажигания смеси. В частности, для надежного воспламенения рабочей смеси требуется напряжение для электрического разряда не менее $(10 \dots 12) \cdot 10^3$ В. Величина напряжения электрического разряда тем больше, чем больше искровой промежуток между электродами. Однако при этом повышается и нагрузка на приборы зажигания. Для нормальной работы двигателя большое значение имеет временной промежуток зажигания рабочей смеси. Оптимальным считается такой момент зажигания топливовоздушной смеси, при котором давление газов на днище поршня достигает максимума после прохода поршнем ВМТ на $10 \dots 15^\circ$ по углу поворота коленчатого вала. При этом достигается наибольшая мощность двигателя и «мягкая» его работа. Оптимальное значение момента зажигания рабочей смеси зависит от скорости горения рабочей смеси и скоростного режима работы двигателя.

Скорость горения рабочей смеси определяется ее составом и однородностью, степенью сжатия, а также рядом других факторов, влияющих на качество смесеобразования. С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя возрастает скорость перемещения поршня, следовательно, уменьшается время самого процесса сгорания смеси. Отсюда, для успешного и полного сгорания рабочей смеси при увеличении частоты вращения коленчатого вала необходимо обеспечить более раннее воспламенение рабочей смеси. Угол поворота коленчатого вала за промежуток времени от момента начала искрообразования до момента прихода поршня в ВМТ называется **углом опережения зажигания**. При полной нагрузке двигателя на номинальном скоростном режиме угол опережения зажигания находится в пределах $25 \dots 40^\circ$.

В бензиновых двигателях применена система зажигания, воспламеняющая рабочую смесь в определенный момент искровым разрядом. На легковых автомобилях нашли широкое распространение контактная и бесконтактная системы зажигания.

Контактная система зажигания (рис. 2.2) включает в себя катушку зажигания — преобразователь и накопитель энергии, прерыватель-распределитель, свечи зажигания, выключатель зажигания, электрическую цепь низкого и высокого напряжений, аккумуляторную батарею (пуск двигателя и малые частоты вращения) и генератор (средние и большие частоты вращения). Такую систему зажигания еще называют батареей.

Для эффективного сжигания топливоздушной смеси, имеющей высокую плотность, необходимо питать свечи зажигания повышенной энергией разряда. Такое напряжение, составляющее 20 кВ и более, обеспечивается преобразованием прерывистого тока низкого напряжения (12 В) в ток высокого напряжения **ка-**

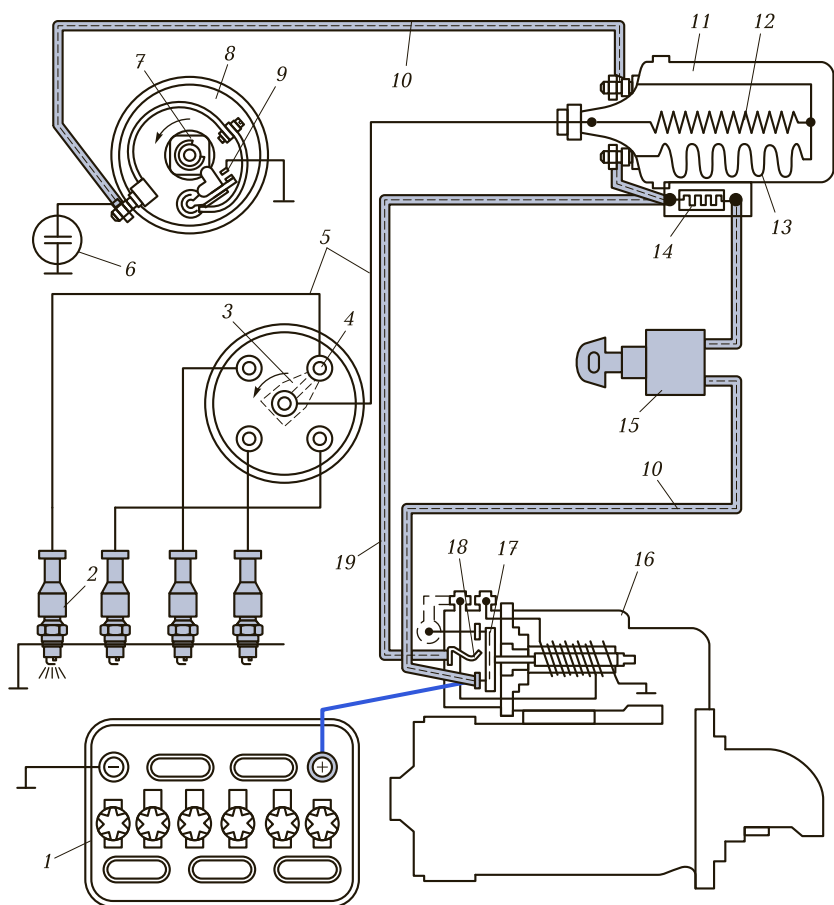


Рис. 2.2. Схема контактной системы зажигания:

1 — аккумуляторная батарея; 2 — свеча зажигания; 3 — токоразносная пластина ротора; 4 — боковая клемма распределителя зажигания; 5 — провода высокого напряжения; 6 — конденсатор; 7 — кулачок прерывателя; 8 — прерыватель; 9 — контакты прерывателя; 10 — провода низкого напряжения; 11 — катушка зажигания; 12, 13 — соответственно вторичная и первичная обмотка; 14 — добавочное сопротивление; 15 — выключатель зажигания; 16 — реле стартера; 17 — контактная пластина; 18 — пружинный контакт; 19 — провод низкого напряжения от резистора

тушкой зажигания, которая представляет собой трансформатор с разомкнутым магнитопроводом. Она имеет первичную низковольтную обмотку с небольшим числом витков и вторичную — высоковольтную — с большим числом витков. Высоковольтная обмотка намотана вокруг сердечника магнитопровода, а поверх высоковольтной располагается низковольтная обмотка. В результате прохождения тока по низковольтной обмотке в катушке возникает постоянное магнитное поле. При прекращении подачи тока (размыкании низковольтной цепи) силовые линии исчезающего магнитного поля пересекают витки обмоток, вследствие чего в них индуцируется ток, электродвижущая сила которого пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Полученный ток высокого напряжения поступает на токоразносную пластину ротора и далее распределяется по свечам зажигания. При исчезновении магнитного потока в первичной обмотке возникает ток самоиндукции, снижающий скорость исчезновения магнитного потока и вызывающий электрическую дугу между контактами прерывателя (обгорание контактов). Для устранения обгорания контактов параллельно им включают конденсатор. Однако полностью искрить контакты прерывателя и токораспределителя все равно не удастся. На отечественных автомобилях ВАЗ применяется система зажигания с трех- или четырехклеммной катушкой.

Четырехклеммная катушка зажигания (три клеммы низкого и одна высокого напряжения) позволяет повысить надежность пуска двигателя, так как она имеет дополнительное сопротивление, которое автоматически отключается в момент пуска, обеспечивая повышение тока питания в первичной обмотке (соответственно и повышение выходного напряжения на вторичной обмотке). После пуска дополнительное сопротивление включается в цепь, не допуская перегрева первичной обмотки за счет уменьшения силы тока. Дополнительное сопротивление также снижает возможность подгорания контактов при возрастании силы тока на малых оборотах, изменяя сопротивление (увеличивая его) при нагревании первичной обмотки.

Разрыв цепи низкого напряжения катушки зажигания осуществляется прерывателем-распределителем, приводимым во вращение распределительным валом двигателя. Одновременным периодическим размыканием цепи низкого напряжения прерыватель-распределитель распределяет ток высокого напряжения по свечам зажигания в соответствии с порядком работы двигателя. Для обеспечения поджигания смеси в определенный момент времени на

прерывателе-распределителе установлены вакуумный и центробежный регуляторы опережения зажигания.

Прерыватель-распределитель (распределитель зажигания) представляет собой устройство, состоящее из прерывателя тока низкого напряжения и распределителя тока высокого напряжения, имеющих единый привод и работающих синхронно с газораспределительным механизмом двигателя. Прерыватель имеет два контакта: неподвижный и подвижный. Оба контакта размещены на подвижном диске, соединенным с вакуумным регулятором опережения зажигания. Неподвижный контакт соединен с «массой», а подвижный (рычажок-молоточек) — изолирован от «массы». Приводной вал имеет граненый кулачок, число граней которого соответствует количеству цилиндров двигателя. Рычажок молоточка нагружен пластинчатой пружиной, прижимающей его через изолированный упор к кулачку приводного вала. При вращении кулачка контакты периодически замыкаются и размыкаются, пропуская ток низкого напряжения к катушке зажигания или разрывая низковольтную цепь первичной обмотки катушки. Ток высокого напряжения поступает в распределитель, состоящий из ротора с токоразносной пластиной и токоизолированной крышки с боковыми и центральной клеммами. На токоразносную пластину ток высокого напряжения от катушки передается через уголек центральной клеммы, а затем через боковые клеммы к свечам зажигания в зависимости от принятого порядка работы цилиндров двигателя. Следует отметить, что передача тока высокого напряжения к боковым клеммам от токоразносной пластины осуществляется либо контактным, либо бесконтактным способом — через воздушный зазор величиной 0,4...0,8 мм.

Наличие контактов в системе зажигания и излучений в цепи высокого напряжения обуславливают возникновение помех работе телерадиотехническим приборам практически на всех частотных диапазонах. Для исключения помех, создаваемых проводами цепи высокого напряжения, применяют специальные высоковольтные провода с распределенным по длине сопротивлением, а для подавления помех, обусловленных искрением контактов, используют сопротивления, устанавливаемые непосредственно вблизи источника помех. Например, на отечественных автомобилях, оборудованных контактной системой зажигания, сопротивление (резистор) для подавления радиопомех установлен непосредственно на токоразносной пластине.

На ряде автомобилей нашла применение **контактно-транзисторная система зажигания**, позволившая уменьшить искре-

ние в контактах прерывателя и снизить силу тока, проходящую через контакты, с 5...7 до 0,5 А. Эта система явилась одной из разновидностей транзисторных (электронных) схем зажигания. Контактнo-транзисторная система зажигания позволила увеличить напряжение во вторичной цепи катушки зажигания и, соответственно, повысить энергию искрообразования в свечах зажигания. Зазоры между электродами свечей увеличились до 1...1,2 мм (в контактной системе зажигания зазор между электродами свечей не превышает 0,6 мм) и отпала необходимость в конденсаторе. Управление системой осуществляется коммутатором, получающим от контактов прерывателя управляющие импульсы и преобразующим их в импульсы тока в первичной обмотке катушки зажигания. Размыкание и замыкание первичной (низковольтной) цепи происходит в результате запираения и отпираения выходного транзистора коммутатора. Таким образом прерыватель превратился в датчик управляющих импульсов, через контакты которого проходит в цепь ток малой силы, управляющий выходным транзистором коммутатора. Это является основным отличием контактнo-транзисторной системы зажигания от контактной (батареиной) системы, где контакты прерывателя размыкают непосредственно первичную цепь катушки зажигания.

В настоящее время практически на всех легковых автомобилях зарубежного производства и частично на отечественных автомобилях применена бесконтактная система зажигания или цифровая микропроцессорная система управления двигателем. Как правило, микропроцессорные системы управления двигателем устанавливают на двигателях с впрыском топлива.

Бесконтактная электронная система зажигания (рис. 2.3) имеет существенное конструктивное отличие от контактных систем несмотря на аналогичный по функциональному назначению состав элементов схемы. Бесконтактная электронная система зажигания состоит из источника тока, катушки зажигания, свечей зажигания, транзисторного (электронного) коммутатора, распределителя с ротором и бесконтактным датчиком, проводов высокого и низкого напряжения и выключателя зажигания. Аналогично контактной системе зажигания на распределителе с бесконтактным датчиком установлены центробежный и вакуумный регуляторы опережения зажигания. Бесконтактная система зажигания по сравнению с контактной позволяет значительно повысить надежность схемы в связи с отсутствием контактной группы и исключением регулировок в датчике-распределителе практически в течение всего срока эксплуатации автомобиля. Система создает высокую

энергию искрового разряда в свечах зажигания, что обеспечивает надежное воспламенение топливовоздушной обедненной смеси, снижение содержания СО в отработавших газах и повышение экономичности двигателя. Улучшается пуск холодного двигателя при низком напряжении аккумуляторной батареи (до 6 В).

В бесконтактной системе зажигания широкое распространение получили магнитоэлектрические датчики. У **коммутаторного датчика** на статоре укреплен магнит и расположена катушка, а в раз-

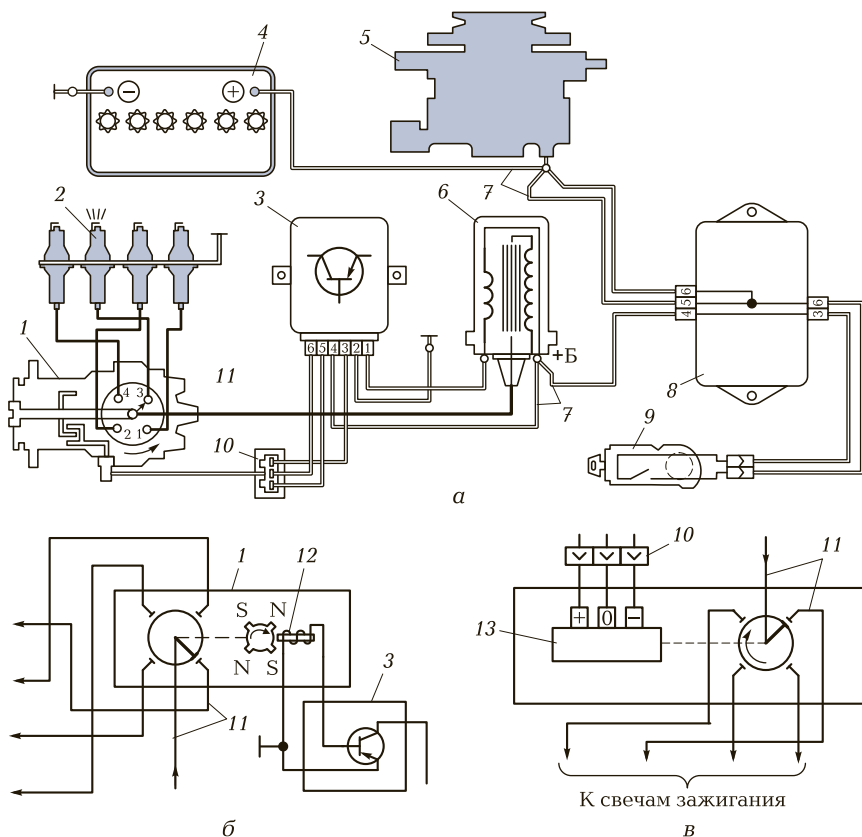


Рис. 2.3. Бесконтактная система зажигания:

а — монтажная схема; б — с индукционным датчиком; в — с датчиком Холла; 1 — датчик-распределитель; 2 — свеча зажигания; 3 — электронный коммутатор; 4 — аккумуляторная батарея; 5 — генератор; 6 — катушка зажигания; 7, 11 — провода соответственно низкого и высокого напряжения; 8 — монтажный блок; 9 — выключатель зажигания; 10 — штекерный разъем датчика-распределителя; 12 — индукционный датчик; 13 — датчик Холла; +Б — плюсовая клемма катушки зажигания

рыве магнитной цепи с минимальными зазорами — вращающийся якорь (распределитель магнитного потока), называемый коммутатором. При вращении распределителя потока в моменты, когда его выступы располагаются по направлению замыкания магнитного потока статора, магнитное сопротивление цепи наименьшее. По закону индукции в обмотке возникает напряжение, значение которого зависит от частоты вращения, числа витков катушки и магнитного сопротивления магнитной цепи. При входе выступа в зону магнитной цепи статора в катушке формируется импульс напряжения одной полярности, а при выходе полярность меняется на обратную. Таким образом, магнитоэлектрический датчик является генератором переменного тока. Число выступов ротора коммутатора равно числу рабочих цилиндров двигателя. Недостаток таких датчиков заключается в колебании угла опережения зажигания по цилиндрам двигателя. Лучшими характеристиками обладают **генераторные датчики**, имеющие число статорных полюсов, равных числу цилиндров двигателя. Такой датчик обеспечивает для каждого положения распределителя магнитного потока средний зазор, как сумму всех зазоров между ротором и статором одновременно.

В прерывателях-распределителях нашли применение **датчики с вращающимися магнитами**, генерирующие сигнал большой амплитуды. Недостаток таких датчиков — некоторое смещение момента искрообразования на малой частоте вращения ротора.

Широкое распространение в роторах-распределителях получили **полупроводниковые датчики**, действие которых основано на эффекте Холла. Суть эффекта заключается в том, что если полупроводниковую пластину определенного химического состава (арсенид галлия или индия, антимонид индия) поместить в магнитное поле (N—S) так, чтобы силовые линии поля были перпендикулярны плоскости пластины, и через эту пластину пропустить ток, то между электродами на противоположных гранях возникнет электродвижущая сила Холла.

Повышенная энергия искрового разряда в свечах зажигания создается в катушке зажигания за счет увеличения силы тока в первичной обмотке (10 А вместо 3...5 А в контактной системе) и, соответственно, возрастания тока высокого напряжения на вторичной обмотке. Установка катушки зажигания, предназначенной для бесконтактной системы, в контактную систему зажигания приводит к быстрому выходу из строя прерывателя.

Свечи зажигания в бесконтактной системе отличаются увеличенными зазорами между электродами и толщиной самих элект-

тродов. Свеча зажигания состоит из центрального электрода, изолятора с корпусом и электрода-«массы». Центральный электрод закреплен газонепроницаемо в изоляторе, который прочно связан с корпусом. Между центральным электродом и электродом-«массой» проскакивает искра, которая зажигает горючую смесь. От состояния свечи зависит возможность запуска двигателя, стабильность его работы на холостом ходу, приемистость автомобиля и его максимальная скорость. Поэтому не следует менять тип свечи, установленный заводом-изготовителем.

Следует иметь в виду, что электроды свечи работают при высокой температуре и давлении. Температура центрального электрода свечи достигает 850°C , поэтому электроды изготавливают из хромистой или никель-марганцевой стальной проволоки, обладающей высокой температурной стойкостью и малым коэффициентом расширения. Зазор между электродами свечи в среднем при контактных системах зажигания находится в пределах $0,5 \dots 0,9$ мм, а в транзисторных бесконтактных системах зажигания может быть увеличен до $1,0 \dots 1,2$ мм.

Нормальная работа свечи зажигания зависит в основном от ее теплового состояния (тепловой характеристики), которое определяется **калильным числом**. Калильное число характеризует степень теплопроводности свечи зажигания, т.е. время, по истечении которого возникает калильное зажигание (воспламенение рабочей смеси не от искры, а от раскаленных электродов). Чем выше теплопроводность свечи, тем она лучше отводит теплоту. Такие свечи называют «холодными».

Свечи с малой теплопроводностью называют «горячими». Чем больше степень сжатия двигателя, тем более «холодные» свечи должны применяться. Следует отметить, что после пуска двигателя кончик изолятора свечи должен быстро прогреться до температуры самоочищения (приблизительно $400 \dots 500^{\circ}\text{C}$) — только в этом случае на свече не образуется нагар. Свеча с более высоким калильным числом имеет тот недостаток, что ее температура самоочищения выше. Это ведет к более интенсивному нагарообразованию. Особенно тогда, когда двигатель не достигает своей нормальной рабочей температуры вследствие езды с низкой скоростью (движение по городу и поездки на короткие расстояния зимой). Как правило, «холодные» свечи зажигания (калильное число начинается с 06) ставятся на «горячие» двигатели, т.е. на такие, от которых требуется высокая мощность. Температура свечи зажигания зависит не только от температуры газов, омывающих ее нижнюю часть, но и от площади поверхности соприкосновения

свечи с горячими газами. Чем больше диаметр и длина резьбовой части свечи, а также высота теплового конуса ее изолятора, тем быстрее будет осуществляться прогрев свечи и создаваться требуемый тепловой режим в процессе работы.

Искровой разряд свечей при работе двигателя создает помехи в работе радиоэлектронных приборов. Для уменьшения радиопомех, создаваемых искровым разрядом, в ряде свечей зажигания установлен помехоподавительный резистор 5... 10 кОм (например, свечи зажигания FE65PR и PE65CPR). Во многих системах зажигания применены провода высокого напряжения с помехоподавительным резистором, закрепленным на контактном наконечнике, надеваемом на контактную головку свечи зажигания.

Свечи зажигания маркируют буквами и цифрами в зависимости от размеров их резьбовой части, калильного числа и конструктивных особенностей. Например, отечественные свечи типа А17ДВ расшифровываются следующим образом: буква А указывает резьбу вворачиваемой части — М14×1,25; 17 — характеризует калильное число; Д — указывает длину резьбовой части корпуса свечи (Д = 19 мм, Н = 11 мм и т. п.); В — предупреждает о выступающем за торец корпуса тепловом конусе изолятора.

Свеча фирмы «Бош» WR7DCR имеет следующую расшифровку маркировки: W — резьба вворачиваемой части 14×1,25 с размером под ключ 5W21 или 5W16; R — указывает на наличие помехоподавляющего резистора; 7 — калильное число (от 06 до 13); D — длина резьбовой части равна 19 мм с нормальным положением теплового конуса и тремя электродами «массы» (А — длина резьбы 12,7 мм с нормальным положением теплового конуса, В — длина резьбы 12,7 мм с выступающим конусом, С — длина резьбы 19 мм с нормальным положением теплового конуса и т. д.); С — указывает материал центрального электрода (С — никель-медь, 5 — серебро, Р — платина, 0 — стандартная свеча с усиленным электродом); R — сопротивление обгорания равно 1 кОм.

Отечественным свечам зажигания типа А17ДВ и А17ДВ-Ю соответствуют зарубежные свечи «Бош» W7DC и «Беру» 14-7DU.

Датчик-распределитель зажигания (см. рис. 2.2) выдает управляющие импульсы тока низкого напряжения и распределяет импульсы тока высокого напряжения по свечам зажигания. Датчики-распределители зажигания на отечественных автомобилях и автомобилях зарубежного производства имеют аналогичную конструктивную схему, отличающуюся типом магнитоэлектрических бесконтактных датчиков, наличием или отсутствием одного из регуляторов опережения зажигания (центробежного или ваку-

умного). Например, двигатель 145V фирмы «Опель» имеет транзисторное зажигание с индуктивным датчиком, а двигатель 16V — электронное зажигание с датчиком Холла; то же самое может быть и на автомобилях других фирм.

Принцип работы всех бесконтактных распределителей зажигания аналогичен. Распределитель бесконтактной системы зажигания состоит из бесконтактного датчика, распределителя зажигания, центробежного и вакуумного регуляторов опережения зажигания. В отличие от распределителя контактной системы зажигания отсутствует контактный прерыватель, который заменен бесконтактным микроэлектронным датчиком Холла. Микроэлектронный датчик при включенной системе зажигания и вращающемся коленчатом вале двигателя выдает импульсы напряжения на коммутатор, который преобразует их в прерывистые импульсы тока в первичной обмотке катушки зажигания. В момент прерывания тока низковольтной цепи (первичная обмотка катушки) во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется ток высокого напряжения (порядка 25 кВ). Импульсы тока высокого напряжения через угольный центральный контакт от катушки зажигания передаются на токоразносную пластину ротора, боковые клеммы крышки распределителя и по проводам высокого напряжения — на свечи зажигания в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя.

Микроэлектронный датчик Холла состоит из полупроводника, по которому при включенном зажигании протекает ток, постоянного магнита и стального экрана между ними, установленного с зазором. Экран имеет прорези, количество которых соответствует числу цилиндров двигателя. При вращении экрана, когда его прорези проходят между пластиной и постоянным магнитом, магнитное поле воздействует на пластину, создавая в ней разность потенциалов. Если в зазоре находится тело экрана, то силовые магнитные линии замыкаются через стальной экран и на полупроводниковую пластину не действуют. Полупроводниковый датчик выполнен с интегральной микросхемой, преобразующей разность потенциалов, создающихся на пластине, в импульсы напряжения, которые подаются в коммутатор. Отличительной особенностью системы с датчиком Холла является независимость энергии искрообразования от оборотов двигателя и колебаний напряжения питания, при этом энергия искры в несколько раз больше, чем при контактной схеме. Бесконтактная система зажигания требует большой осторожности и внимания при эксплуатации. Категорически запрещается отсоединять высоковольтные провода от све-

чей зажигания при работающем двигателе, так как это может послужить причиной выхода из строя распределителя или коммутатора.

При применении транзисторной бесконтактной системы зажигания с индукционным магнитоэлектрическим датчиком работа схемы аналогична системе с датчиком Холла. Магнитоэлектрический индукционный датчик представляет собой однофазный генератор переменного тока с ротором на постоянных магнитах. При этом число пар полюсов ротора соответствует числу цилиндров двигателя. Положительные полупериоды изменения напряжения генератора служат сигналом для открывания транзистора, формирующего первичный ток коммутатора, и соответствующего моменту искрообразования между электродами свечей зажигания. Энергия искрообразования в такой системе зависит от частоты вращения двигателя. Для обеспечения требуемого высокого напряжения на малых частотах вращения двигателя в систему вводят специальный формирующий каскад, увеличивающий потребление тока в схеме с индукционным датчиком до 5...8 А, что способствует интенсивной разрядке аккумуляторной батареи на малых частотах вращения коленчатого вала двигателя.

В контактной и бесконтактной системах опережение зажигания автоматически изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при помощи центробежного регулятора, а в зависимости от режима работы двигателя (степени разрежения в смесительной камере) — при помощи вакуумного регулятора.

Центробежный регулятор опережения зажигания состоит из двух грузиков, расположенных на приводном валике и взаимосвязанных пружинами. В контактной системе грузики имеют штифты, входящие в прорези пластины кулачка прерывателя, а в бесконтактной системе грузики взаимодействуют с ведомой пластиной, сидящей на оси ротора и жестко связанной с экраном. Таким образом, в зависимости от положения грузиков пластина кулачка прерывателя и ведомая пластина с экраном могут поворачиваться относительно оси ротора. С увеличением частоты вращения коленчатого вала грузики под действием центробежных сил расходятся в стороны и поворачивают в контактной системе пластину с кулачком, а в бесконтактной системе — пластину с экраном на определенный угол в направлении вращения приводного валика. В результате этого будет обеспечиваться в одном случае более раннее размыкание контактов, в другом — более ранняя выдача импульсов тока высокого напряжения, т.е. увеличивается опережение зажигания. С уменьшением частоты вращения инерционная

система под воздействием пружин возвращается в первоначальное положение.

Вакуумный регулятор опережения зажигания состоит из корпуса, внутренняя полость которого разделена диафрагмой, с одной стороны которой полость сообщается с атмосферой, а с другой — со смесительной камерой. При изменении разрежения на входе в цилиндр (изменение положения дроссельной заслонки) диафрагма, преодолевая сопротивление пружины, прогибается и через тягу поворачивает подвижный диск, на котором установлены контакты прерывателя в контактной системе, или опорную пластину в бесконтактной системе. В зависимости от величины разрежения (нагрузки двигателя) поворот подвижного диска с контактами прерывателя или опорной пластины с датчиком осуществляется против направления вращения приводного валика (навстречу вращению кулачка прерывателя), увеличивая опережение зажигания, или в направлении вращения приводного валика (по ходу вращения кулачка прерывателя), уменьшая опережение зажигания.

С середины 1980-х гг. на выпускаемые легковые автомобили начали устанавливать **микропроцессорные системы управления двигателем**, которые нашли применение как на карбюраторных двигателях, так и на двигателях с системой впрыска топлива. Микропроцессорная (цифровая) система управления двигателем (МСУД) включает в себя коммутатор, контроллер (микроЭВМ), одну или несколько катушек зажигания и датчики, информирующие систему управления о параметрах состояния различных систем двигателя. МСУД, применяемая на отечественных и зарубежных автомобилях, предназначена для управления моментом зажигания и электромагнитным клапаном карбюратора.

Управление зажиганием осуществляется по оптимальным характеристикам в зависимости от информации, поступающей в контроллер о частоте вращения коленчатого вала двигателя, разрежении во впускном трубопроводе, температуре охлаждающей жидкости и положении дроссельной заслонки карбюратора. Управление электромагнитным клапаном карбюратора производится в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки.

Контроллер служит для управления моментом искрообразования в цифровой системе зажигания. Он представляет собой микроЭВМ или микрокомпьютер, в память которого внесены значения углов опережения зажигания, соответствующие данной частоте вращения коленчатого вала, разрежению во впускной трубе и температуре охлаждающей жидкости. По сигналам датчиков

контроллер выбирает из памяти требуемый угол опережения зажигания и в строго определенный момент выдает сигналы зажигания на коммутатор. В зависимости от положения дроссельной заслонки и частоты вращения коленчатого вала контроллер включает или отключает запорный электромагнитный клапан топливного жиклера холостого хода, обеспечивая экономию бензина на режимах принудительного холостого хода (торможение двигателем) и мгновенную остановку двигателя после выключения зажигания.

Коммутатор преобразует управляющие импульсы микроэлектронного датчика в импульсы тока в первичной обмотке катушки зажигания. В цифровой системе зажигания применяется двухканальный коммутатор.

В системе задействованы датчики синхронизации, установленные на картере сцепления и предназначенные для синхронизации работы контроллера с ВМТ поршней первого и четвертого цилиндров и угловым положением коленчатого вала. Оба датчика одинаковые, индукционного типа, генерирующие импульс напряжения при прохождении в их магнитном поле ферромагнитного предмета (в данном случае зуба венца маховика или маркерного штифта). Для выбора угла опережения зажигания в зависимости от «горячего» или «холодного» состояния двигателя служит датчик температуры охлаждающей жидкости. Датчик — полупроводниковый, со встроенной микросхемой установлен на выпускном патрубке охлаждающей «рубашки» двигателя. В зависимости от температуры жидкости изменяется напряжение на выходе датчика, преобразуемое в контроллере в сигналы низкого (температура ниже 50 °С) и высокого (температура выше 50 °С) уровня.

В схеме применены две катушки зажигания на четыре цилиндра. Одна катушка генерирует высоковольтные импульсы на свечи первого и четвертого цилиндров, а другая — на свечи второго и третьего цилиндров. Причем искровой разряд происходит одновременно на двух свечах зажигания, т.е. на два оборота коленчатого вала (четыре такта) в каждом цилиндре происходит два искровых разряда: один рабочий (конец такта сжатия), а второй холостой (конец такта выпуска отработавших газов).

Иногда, в целях увеличения надежности работы системы зажигания на каждый цилиндр устанавливают свою катушку, чтобы получить бесконтактное распределение высоковольтного напряжения при двухканальном коммутаторе.

Одной из распространенных систем, управляющих работой карбюратора и системой зажигания двигателей зарубежных автомобилей (в частности, «БМВ»), является система «Экотроник».

Система состоит из карбюратора упрощенной конструкции, сервоприводов, датчиков и контроллера. Применение карбюратора с электронным управлением смесеобразованием позволяет поддерживать оптимальный состав топливовоздушной смеси и обеспечивать оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя, повысить топливную экономичность и уменьшить содержание вредных примесей в отработавших газах, улучшить условия эксплуатации автомобиля, надежность системы питания, а также облегчить техническое обслуживание и диагностирование. В случае отказа электронной системы управления карбюратор начинает работать, как обычный карбюратор.

Карбюратор — эмульсионного типа, двухкамерный, с последовательным открытием дроссельных заслонок. Каждая камера имеет поплавковую камеру и отдельный поплавок, вследствие этого карбюратор нечувствителен к действию центробежной силы, возникающей при поворотах, и силы инерции при резких ускорениях и торможениях. Карбюратор может быть установлен вдоль продольной или поперечной оси автомобиля. Благодаря применению затопленных жиклеров (расположенных ниже уровня топлива) и специальному размещению топливных каналов в карбюраторе полностью исключена возможность образования паров бензина. Карбюратор имеет два независимых друг от друга экономайзера с затопленными жиклерами. Это обеспечивает оптимальную адаптацию карбюратора ко всем режимам работы двигателя.

Контроллер фирмы «Бош» представляет собой специализированную цифровую микроЭВМ. Он состоит из трех функциональных схем обработки электрических сигналов («Вход», «Обработка» и «Выход»). В схему «Вход» вводятся сигналы напряжения питания с датчиков углового положения дроссельной заслонки первой камеры, температуры поступающего воздуха и положения выключателя холостого хода. Сигналы, полученные от датчиков, преобразуются в цифровые величины. В схеме «Обработка» входные величины перерабатываются по фиксированным программам в аналоговые сигналы для расчета выходных величин. После преобразования в выходных каскадах сигналы подаются на сервоприводы, управляющие перемещением воздушной заслонки и дроссельной заслонки первой камеры. Одновременно в зависимости от условий эксплуатации контроллер подает выходные сигналы на электромагнитный клапан управления вакуумным регулятором датчика-распределителя зажигания и на реле основной защиты.

К более сложным МСУД относится, например, цифровая система «Мотроник» фирмы «Бош» (модификации 1.1; 1.3; 1.7; 2.7; 3.1;

МЕ и др.), объединяющая системы управления зажиганием и питанием (впрыском). Управление осуществляется контроллером, представляющим собой специализированную микроЭВМ, обрабатывающую по программе импульсы датчиков систем зажигания и питания согласно заложенному алгоритму.

2.4. ОСВЕЩЕНИЕ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

Приборы освещения и сигнализации автомобиля предназначены для обеспечения безопасности движения и удобства его эксплуатации в любое время суток и при различных условиях дорожного и внедорожного движения, а также на стоянках и при остановке на дороге.

К **приборам освещения** относятся фары (одинарные или блок-фары), габаритные передние и задние фонари, фонари освещения заднего номерного знака, фонари освещения салона и багажного отделения, лампочки освещения отсека расположения двигателя (моторного отсека) и вещевого ящика, а также лампы подсветки панели управления и различных шкал. На некоторых зарубежных автомобилях устанавливают еще фонари боковой подсветки и дневного освещения.

К **приборам световой сигнализации** относятся передние и задние сигнальные фонари; повторители сигналов поворота; сигналы торможения, устанавливаемые сзади; задние светоотражатели; фонарь освещения номерного знака; контрольные лампы и индикаторы на панели приборов, электронные реле-прерыватели и выключатели. Отражатели сигнальных фонарей поворота имеют оранжевый цвет, стоп-сигналы и задние габаритные фонари — красный.

Приборы освещения и сигнализации, устанавливаемые с внешней стороны автомобиля, размещены в блоках, представляющих собой комбинацию световых приборов с определенным функциональным назначением. Форма блоков может быть самой различной, определяемой назначением и дизайном автомобиля.

Включение приборов освещения и сигнализации производится водителем в зависимости от характера совершаемых маневров на дороге, погодных условий, условий движения, стоянки и т.п. Как правило, выключатели указателей поворота дальнего и ближнего света расположены на рулевой колонке в районе рулевого колеса.

Сигнальные лампы указателей поворота горят мигающим светом с частотой 1 ... 2 Гц, обеспечиваемым электронным реле-преры-

вателем, включенным в электрическую цепь. Следует отметить, что прерывистым световым сигналом будут гореть и все сигнальные лампы указателей поворота при включении аварийной сигнализации в случае неисправности автомобиля. При этом аварийная сигнализация, вернее ее включение, не зависит от положения ключа в выключателе зажигания, поскольку цепь аварийного включения световой сигнализации запитана непосредственно от аккумуляторной батареи.

На автомобилях могут быть задействованы электронные прерыватели (например, астабильные мультивибраторы на транзисторах). Эти устройства значительно упрощают конструкцию и уменьшают количество комплектующих элементов.

Осветительные приборы на зарубежных и отечественных автомобилях имеют практически одно и то же функциональное назначение. На отечественных автомобилях, как правило, установлены две блок-фары прямоугольной или какой-либо другой формы, включающие лампы головного (ближний и дальний свет) и габаритного света, объединенные с корпусом ламп указателей поворота, имеющих рассеиватель оранжевого цвета. Прямоугольная фара обеспечивает увеличение угла распределения светового потока в горизонтальной плоскости в режиме ближнего света, а также при определенной установке снижает общий коэффициент обтекаемости автомобиля. В передней части фары к пластмассовому корпусу приклеен рассеиватель из бесцветного стекла со сложной системой призм, рассеивающих свет в горизонтальной плоскости. В задней части корпуса фары установлен рефлектор, отражающая поверхность которого покрыта тонким слоем алюминия и специальным термостойким лаком. В рефлекторе перед лампой расположен экран, обеспечивающий концентрацию пучка ближнего света.

Лампа головного света — галогенная (колба лампы заполнена парами йода, брома или смесью инертных газов), обладает повышенной световой энергией и более высокой температурой нагрева нитей накаливания. Повышенное давление газа внутри колбы увеличивает срок ее службы. При установке галогенной лампы необходимо исключить жировые загрязнения колбы, в том числе и от рук. В лампе находятся две нити: дальнего света, расположенная в фокусе рефлектора, и ближнего света, выведенная из фокуса рефлектора и имеющая металлический экран, препятствующий распространению света вверх. Правильное положение лампы в фаре определяется конструкцией патрона.

Направление пучка света фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях регулируется винтами, выведенными в задней ча-

сти корпуса фары. На ряде автомобилей установлен гидрокорректор фар, служащий для корректировки водителем из автомобиля угла наклона света фар в зависимости от нагрузки на автомобиль. Рабочий цилиндр гидрокорректора установлен на панели приборов, а исполнительные цилиндры закреплены на фарах. Рабочий и исполнительный цилиндры заполнены низкотемпературной жидкостью и соединены трубопроводами.

На ряде отечественных автомобилей и их модификациях установлены прямоугольные фары с галогенными двухнитевыми лампами ближнего и дальнего света, и там же размещена лампа габаритного света. Например, на автомобилях ВАЗ блок-фара прямоугольной формы объединена с указателем поворота, а в нижней части рефлектора фары находится лампа габаритного света. Фары аналогичной формы имеют и многие зарубежные автомобили, например «Рено», «Шевроле», «Хонда» и др. На ряде вариантов отечественных и зарубежных автомобилей дополнительно к головным фарам или блок-фарам размещены противотуманные передние и задние фары.

Задние фонари практически всех марок автомобилей представляют собой комбинацию секций с лампами различного функционального назначения. Задние фонари могут состоять из секций с лампами габаритного света, заднего хода, сигналов торможения и поворота, а также противотуманного фонаря. Задние фонари установлены с правой и левой сторон автомобиля и являются зеркальным отражением друг друга. Задний фонарь большинства автомобилей имеет пять секций с лампами указателя поворота, габаритного света, сигнала торможения, света заднего хода и противотуманного света. На некоторых автомобилях вместо увеличения количества секций задействованы двухнитевые лампы, каждая из нитей которых выполняет свою функциональную задачу. В частности, двухнитевая лампа заднего фонаря может выполнять одновременно функции габаритного света и сигнала торможения. В зависимости от конструктивного исполнения на ряде автомобилей количество ламп может быть большим, а количество секций — меньшим. Например, на автомобилях ВАЗ вместо пяти задний фонарь имеет четыре секции, в одной из которых установлены две лампы: габаритного и противотуманного света.

Передние указатели поворота могут быть составной частью блок-фары или крепиться к фаре, составляя с ней единый блок. В некоторых конструкциях указатели поворота установлены отдельно или расположены рядом с фарой.

Боковые повторители указателей поворота закреплены на крыле в передней части автомобиля и могут иметь круглую или прямоугольную форму. Конструкция их аналогична для всех автомобилей: корпус, отражатель и штекер с патроном и лампой. Крепление повторителей указателей поворота к крылу автомобиля может быть выполнено с помощью пружинного держателя, разрезного держателя или любой другой конструкции, обеспечивающей простоту и легкость демонтажа и монтажа при замене ламп.

Фонари освещения салона закреплены с помощью фиксаторов и могут быть расположены на боковых стойках или крыше салона. Фонарь состоит из рассеивателя с корпусом, пальчиковой лампы и выключателя.

На большинстве автомобилей в фарах задействованы галогенные лампы, которые более эффективны, чем обычные лампы накаливания. В последнее время на автомобилях стали находить применение газоразрядные лампы. В фаре с газоразрядной лампой источником света служит электрический разряд, проходящий между двумя электродами, расположенными внутри колбы из кварцевого стекла. Колба заполнена под давлением смесью инертного газа ксенона и металла галогена. Такие лампы получили название ксеноновые. Освещение разрядом высокой интенсивности обеспечивает небольшое потребление энергии, большую долговечность и яркий световой поток. Например, ксеноновая лампа мощностью 35 Вт производит более мощный световой поток по сравнению с галогенной лампой 60 Вт, а ее долговечность достигает 3 000 ч. Для исключения возможности ослепления встречных водителей, в Европе действует законодательство, требующее оборудования автомобилей с газоразрядными фарами системами автоматической регулировки положения фар при встречных автомобилях.

Звуковой сигнал тоже относится к приборам сигнализации. Он состоит из корпуса с электромагнитом и обмоткой. Внутри электромагнита имеется якорь, жестко прикрепленный стержнем к упругой мембране. В корпусе установлены подвижный и неподвижный контакты, для усиления звука применен составной диффузор. При включении сигнала ток поступает в обмотку электромагнита и через «массу» замыкает цепь. При этом электромагнит перемещает якорь, который выгибает мембрану, и контакты замыкаются, прерывая электрическую цепь. Сердечник размагничивается, под действием упругости диафрагма и якорь возвращаются в первоначальное положение, контакты замыкаются и процесс повторяется. Колебания якоря с мембраной совершаются с частотой 200 ... 400 Гц, в результате чего создается звук.

Лампочки освещения моторного отсека вещевого (перчаточного) ящика, багажника и подсветки приборов состоят из пальчиковых лампочек, установленных в патронах, которые размещены в местах, обеспечивающих наиболее эффективное освещение пространства, шкалы прибора или комбинации приборов на передней панели.

2.5. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ДРУГИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

Контрольно-измерительные приборы информируют водителя о работе и состоянии двигателя, а также всех систем автомобиля, обеспечивающих его работоспособность и безопасность движения. К контрольно-измерительным приборам относятся контрольные электрические приборы и лампы, установленные на панели приборов, а также датчики и выключатели.

Контрольно-измерительный прибор состоит из датчика и указателя со шкалой или контрольной лампочкой. Датчик размещают непосредственно в месте контроля того или иного параметра. Датчик представляет собой электромеханическое устройство, преобразующее изменение параметров физической величины в изменение электрического тока или напряжения, пропорциональных данному параметру.

Указатель расположен в комбинации приборов на панели приборов и состоит из корпуса, постоянного дискового магнита, электромагнита с обмотками, стрелки-указателя, установленной на одной оси с постоянным магнитом, и цифровой шкалы с делениями или цветовой шкалы с зонами разного цвета. При изменении контролируемого параметра (давления, температуры и др.) от датчика подается ток в обмотки электромагнита указателя, создается магнитное поле, взаимодействующее с магнитным полем постоянного магнита и вызывающее изменение положения стрелки-указателя.

Комбинация приборов на панели автомобиля включает в себя ряд указателей и контрольных ламп, основными из которых для автомобиля любого исполнения являются спидометр; электронный тахометр (на ряде автомобилей не устанавливается); указатель уровня топлива, указатель температуры охлаждающей жидкости, вольтметр, эконометр (устанавливается на отечественных и некоторых зарубежных автомобилях) и контрольные лампы включения освещения и световой сигнализации, падения давления масла

в двигателе, резервного остатка топлива, нарушения работы тормозной системы и включения стояночного тормоза, включения противотуманных фонарей, работы генератора и разрядки аккумуляторной батареи, включения электрообогревателей.

На автомобилях с системой впрыска топлива, с автоматической коробкой передач и оборудованных дизелем имеются дополнительные контрольные приборы: включения свечей накаливания дизеля, исправности автоматической коробки передач, закрытия воздушной заслонки, температуры наружного воздуха, неисправности антиблокировочной тормозной системы, неисправности электроники.

Контрольные лампы в комбинации приборов имеют определенную символику, позволяющую водителю быстро сориентироваться и принять необходимые действия для предотвращения аварийной ситуации или ликвидации неисправности.

Спидометр имеет указатель скорости и счетчики суммарного и суточного пройденного пути. Спидометр имеет привод от коробки передач через гибкий тросовый валик. Показания счетчика суточного пробега можно установить на ноль нажатием кнопки под спидометром.

Электронный тахометр информирует водителя о частоте вращения коленчатого вала, что позволяет выбрать необходимые (с точки зрения экономичности и экологической чистоты) обороты двигателя.

Указатель температуры охлаждающей жидкости двигателя состоит из трех зон (на отечественных автомобилях — синей, белой и красной, на зарубежных, например «Рено», соответствующим образом заштрихованных). При холодном двигателе стрелка находится в синей зоне или в нижней части шкалы, по мере прогрева стрелка перемещается в белую зону или в среднюю зону шкалы. Переход стрелки в красную зону свидетельствует о перегреве двигателя (или часто заштрихованная зона). На зарубежных автомобилях переход стрелки в зону перегрева двигателя сопровождается загоранием контрольной лампы температуры охлаждающей жидкости. Контрольная лампа температуры охлаждающей жидкости горит при включении зажигания и гаснет при начале вращения вала двигателя. Если контрольная лампа горит при движении автомобиля, необходимо остановиться и дать поработать двигателю на холостом ходу одну-две минуты. Если лампа не погаснет, то необходимо остановить двигатель и провести проверки уровня охлаждающей жидкости и натяжения приводных ремней.

Указатель уровня масла в двигателе (отечественные автомобили не оборудованы) имеет три зоны на шкале: максимальный уровень, средний уровень, опасно низкий уровень.

Вольтметр контролирует напряжение в электрической цепи при включенном зажигании: при неработающем двигателе он указывает напряжение на клеммах аккумуляторной батареи, при работающем двигателе — напряжение, вырабатываемое генератором. Шкала вольтметра также имеет три зоны: нормальной работе источников тока соответствует средняя зона, при малом заряде аккумуляторной батареи и неисправности регулятора напряжения или генератора стрелка уходит в левую зону, при повышенном напряжении или перезаряде аккумуляторной батареи — в правую зону. При нахождении стрелки-указателя в крайних левой или правой зонах необходимо выключить зажигание и выявить причину неисправности.

Эконометр информирует водителя о наиболее экономичном режиме работы двигателя на той или иной передаче. Эконометр представляет собой вакуумметр, измеряющий разрежение во впускном трубопроводе двигателя. Чем больше разрежение во впускном трубопроводе (дроссельная заслонка прикрыта), тем меньше расход топлива. При открытой дроссельной заслонке разрежение мало, расход топлива увеличивается. Таким образом, стрелка указателя в зависимости от нагрузки двигателя будет изменять свое положение от зеленой до красной зон. Эконометр позволяет водителю поддерживать наиболее экономичный режим работы двигателя путем регулирования положения дроссельной заслонки (белая — зеленая зоны).

На ряде зарубежных автомобилей на панели приборов установлен бортовой компьютер с дисплеем и кнопкой включения. При поочередном нажатии на кнопку на дисплей выдается последовательно следующая информация: количество топлива в баке, запас хода по топливу на данный момент, средний расход топлива, температура наружного воздуха, текущий расход топлива, средняя скорость, пройденное расстояние.

На автомобиле применяются различные выключатели: выключатель контрольной лампы уровня тормозной жидкости, выключатель контрольной лампы стояночного тормоза, выключатель фонарей заднего хода и сигнальных фонарей торможения и т.д. Выключатели представляют собой, как правило, подпружиненный шток, перемещение которого вызывает замыкание или размыкание электрической цепи.

Для защиты электрических цепей при перегрузках и коротких замыканиях применяют **предохранители**. Широкое применение

нашли плавкие предохранители, представляющие собой вставку из луженой медной пластинки небольшого сечения, рассчитанной на ток определенного значения. При увеличении силы тока по сравнению с нормальным ее значением на 50 % пластинка расплавляется, разрывая электрическую цепь.

Стеклоочиститель — один из электромеханических приборов, имеющих существенное значение в обеспечении безопасности движения автомобиля. Стеклоочистители служат для очищения переднего ветрового стекла и стекла задней двери. На автомобилях применяют двухщеточные и однощеточные стеклоочистители.

Двухщеточный (однощеточный) стеклоочиститель состоит из электродвигателя с редуктором (мотор-редуктора), кривошипного механизма, поводков, рычагов, щеток, реле-прерывателя и переключателя режимов работы очистителя. Мотор-редуктор собран из электродвигателя постоянного тока и червячного редуктора. Кривошипный механизм преобразует вращательное движение червячной пары редуктора в качание рычагов и щеток. Рычаги щеток прижимаются к стеклу пружинами. Автоматическая установка щеток в исходное положение после выключения стеклоочистителя осуществляется механизмом самоостанова. Режим работы стеклоочистителя регулируется переключателем. При незначительном загрязнении выбирают режим кратковременной очистки — так называемое нефиксированное положение. Фиксированные, последовательно включаемые режимы соответствуют работе стеклоочистителя на малой скорости перемещения щеток, повышенной скорости и прерывистом характере движения. Для очищения стекла задней двери автомобиля применяют однощеточные стеклоочистители.

На многих автомобилях установлены стеклоочистители фар по конструкции аналогичные очистителям ветрового стекла. Отличительной особенностью механизма стеклоочистителя фар является неразборный мотор-редуктор.

Для защиты электродвигателей от перегрузок (примерзание щеток, большое сопротивление движению и т.п.) в очистителях устанавливают биметаллические предохранители.

Для облегчения работы щеток и лучшей очистки стекол на автомобилях устанавливают стеклоомыватели с электронасосом. **Стеклоомыватель** состоит из пластмассового бачка, заполненного жидкостью, электронасоса с заборным и нагнетательным шлангами и жиклера-распылителя. Электронасос омывателя может быть установлен отдельно от бачка или совмещен с ним.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные системы и устройства электрооборудования автомобиля.
2. Как работают аккумулятор и генератор, обеспечивающие электроснабжение автомобиля?
3. Какие устройства входят в систему пуска двигателя?
4. Как устроены системы зажигания карбюраторного двигателя и с непосредственным впрыском бензина?
5. Назовите приборы освещения, сигнализации и контроля автомобиля.

ТРАНСМИССИЯ

3.1. КОМПОНОВКА ТРАНСМИССИИ НА АВТОМОБИЛЯХ

Трансмиссией называется совокупность агрегатов и механизмов, связывающих двигатель с ведущими колесами автомобиля. Трансмиссия автомобиля служит для передачи и распределения мощности двигателя на ведущие колеса при изменении подводимого к ним крутящего момента и частоты их вращения по величине и направлению. В зависимости от способа передачи, изменения и распределения крутящего момента трансмиссии могут быть механическими, гидромеханическими, гидрообъемными и электромеханическими со ступенчатым, бесступенчатым и автоматическим изменением крутящего момента. На современных легковых автомобилях применяют в основном механические и гидромеханические трансмиссии.

Механические ступенчатые трансмиссии состоят только из механических агрегатов (сцепление, коробка передач и др.). Такие трансмиссии имеют ряд достоинств: высокий КПД, простота конструкции, относительно малые габаритные размеры и масса, надежность в эксплуатации и ремонтпригодность. Недостатками механических трансмиссий являются сложность и трудоемкость управления, значительный объем технического обслуживания, повышенные динамические нагрузки на агрегаты и механизмы. Ступенчатость изменения крутящего момента — основной недостаток механических трансмиссий, который приводит к неполному использованию мощности двигателя, снижает среднюю скорость движения автомобиля, ухудшает его проходимость.

Для обеспечения лучшей приспособляемости автомобиля к движению в различных условиях желательно иметь возможно боль-

шее число ступеней в коробке передач, но это усложняет конструкцию трансмиссии и управление автомобилем, повышает утомляемость водителя, особенно в городских условиях, что обычно сопровождается ухудшением безопасности движения. Применение же механических бесступенчатых трансмиссий, как правило, значительно усложняет конструкцию трансмиссии и автомобиля в целом.

Устанавливаемые на легковых автомобилях гидромеханические трансмиссии состоят из гидродинамического и механических агрегатов. Гидродинамический агрегат обеспечивает в определенных пределах плавное автоматическое изменение крутящего момента, передаваемого на ведущие колеса, и частоты их вращения в зависимости от условий движения. Кроме того, этот агрегат частично выполняет функции сцепления, поэтому сцепление в гидромеханических трансмиссиях может отсутствовать. К достоинствам гидромеханической трансмиссии относятся легкость и простота управления, что способствует безопасности движения; снижение динамических нагрузок в трансмиссии; наличие автоматического диапазона регулирования; обеспечение оптимального режима работы двигателя. Недостатками гидромеханической трансмиссии являются более низкий КПД по сравнению с механической трансмиссией, сложность и высокая стоимость агрегатов.

Трансмиссия автомобиля с задним приводом представлена на рис. 3.1, а.

Трансмиссия полноприводного автомобиля (рис. 3.1, б) состоит из сцепления, коробки передач, раздаточной коробки, карданных передач, главных передач, дифференциалов (межколесных и межосевого) и приводов ведущих колес. Крутящий момент от двигателя 1 через сцепление 2 передается к коробке передач 3 и от нее через карданную передачу 4 к раздаточной коробке 5. В раздаточной коробке момент распределяется между передним 14 и задним 8 ведущими мостами автомобиля поровну межосевым дифференциалом 6. От раздаточной коробки крутящий момент через карданные передачи 7 и 13 подводится к главным передачам 9 ведущих мостов и через дифференциалы 10 и приводы 11, 16 к задним 12 и передним 15 ведущим колесам. В межколесных дифференциалах 10 момент распределяется поровну между правыми и левыми колесами каждого моста. Привод ведущих колес заднего моста включает в себя только полуоси. Привод колес переднего моста состоит из двух карданных передач, каждая из которых имеет по два карданных шарнира равных угловых скоростей. Это обеспе-

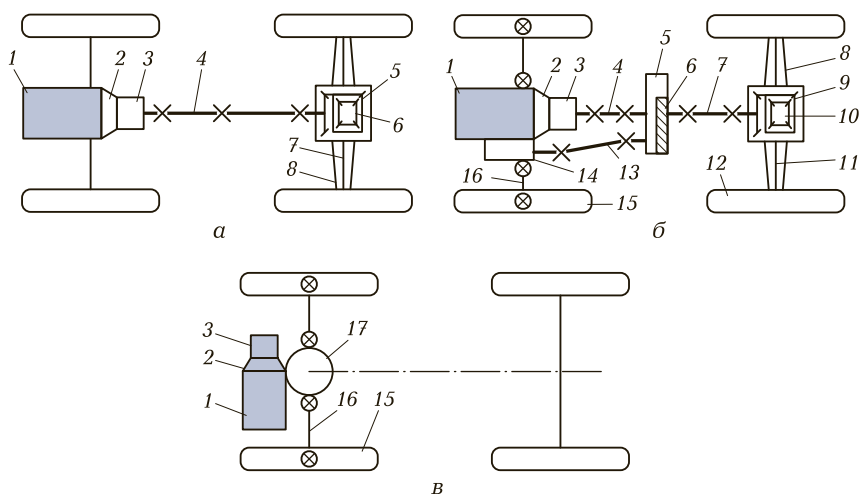


Рис. 3.1. Схемы трансмиссий автомобилей:

а — с задним приводом; б — полноприводная; в — с передним приводом; 1 — двигатель; 2 — сцепление; 3 — коробка передач; 4 — карданная передача; 5 — раздаточная коробка; 6 — межосевой дифференциал; 7, 13 — карданные передачи; 8, 14 — соответственно задний и передний ведущий мост; 9 — главная передача; 10 — дифференциалы заднего моста; 11, 16 — приводы к колесам; 12, 15 — задние и передние колеса; 17 — дифференциал переднеприводного автомобиля

чивает возможность подведения крутящего момента к передним ведущим колесам, которые одновременно являются и управляемыми.

Трансмиссия переднеприводных автомобилей (рис. 3.1, в) не имеет карданной передачи между коробкой передач и ведущим мостом. Она включает в себя сцепление 2, коробку передач 3, главную передачу и дифференциал 17, привод 16 ведущих передних колес 15. Сцепление, коробка передач, главная передача и дифференциал объединены в единый узел. Привод ведущих управляемых колес осуществляется валами с карданными шарнирами равных угловых скоростей. Трансмиссия переднеприводных автомобилей проще по конструкции и более компактна, чем трансмиссия заднеприводных автомобилей, что позволило расположить двигатель 1 поперек автомобиля.

На легковых автомобилях применяют также и другие схемы компоновки агрегатов: в частности, существуют переднеприводные автомобили с продольным расположением двигателя и коробки передач, заднеприводные заднемоторные с поперечным расположением двигателя и коробки передач.

3.2. СЦЕПЛЕНИЕ

Фрикционные сухие сцепления. Сцепление предназначено для кратковременного разъединения двигателя и трансмиссии и плавного их соединения. Во включенном состоянии сцепление передает крутящий момент от двигателя к коробке передач. Временное разъединение двигателя и трансмиссии необходимо при переключении передач, торможении и остановке автомобиля, а плавное соединение — после переключения передач и при трогании с места. На легковых автомобилях в большинстве случаев установлены фрикционные сухие однодисковые (по числу ведомых дисков) постоянно замкнутые сцепления с пружинным нажимным устройством и гасителем крутильных колебаний, расположенном в ведомом диске. Нажимные пружины, как правило, центральные диафрагменные (тарельчатые).

По способу действия сцепления подразделяют на неавтоматические и автоматические. При этом автоматическим может быть или само сцепление (центробежное) исходя из принципа его работы или система управления, обеспечивающая работу неавтоматического сцепления по требуемому алгоритму без вмешательства водителя.

Приводы выключения сцепления могут иметь механическое или гидравлическое исполнение. Часто применяют механический тросовый привод — достаточно надежный, простой и дешевый.

На большинстве автомобилей (в том числе и ВАЗ) установлено однодисковое сухое сцепление с центральной диафрагменной пружиной и гидравлическим или механическим приводом. Сцепление имеет один ведомый диск, а ведущие и ведомые его части прижимаются друг к другу центральной пружиной. Крутящий момент от двигателя сцепление передает за счет сил сухого трения. Усилие от педали к вилке выключения сцепления передается через жидкость или с помощью троса.

В полуцентробежном сцеплении давление на нажимной диск создается периферийно расположенными пружинами и центробежными грузиками, выполненными вместе с рычагами выключения. Пружины подбирают так, чтобы их усилие обеспечивало коэффициент запаса сцепления, близкий к единице, а добавочное усилие создавалось центробежными грузиками. Усилие центробежных грузиков, изменяющееся в зависимости от угловой скорости коленчатого вала двигателя по параболическому закону, суммируется с усилием пружин. Поэтому при трогании автомобиля, а

также при удержании педали сцепления в выключенном состоянии, когда угловая скорость коленчатого вала двигателя низкая, усилие на педали получается сравнительно небольшим. Однако при переключении передач к педали приходится прикладывать значительное усилие для преодоления суммарного усилия пружин и центробежных грузиков. Опыт использования полуцентробежных сцеплений показал, что при движении автомобиля в тяжелых дорожных условиях с малой скоростью такие сцепления буксуют, что приводит к снижению их ресурса. Этим объясняется то, что полуцентробежные сцепления применяют в настоящее время крайне редко.

В центробежных сцеплениях (рис. 3.2) давление на нажимной диск создается центробежными грузиками. Центробежные сцепления нормально разомкнуты, т.е. при малой угловой скорости коленчатого вала, а также при неработающем двигателе сцепление выключено. В выключенном состоянии сцепления реактивный диск 2 зафиксирован в осевом направлении в положении, по-

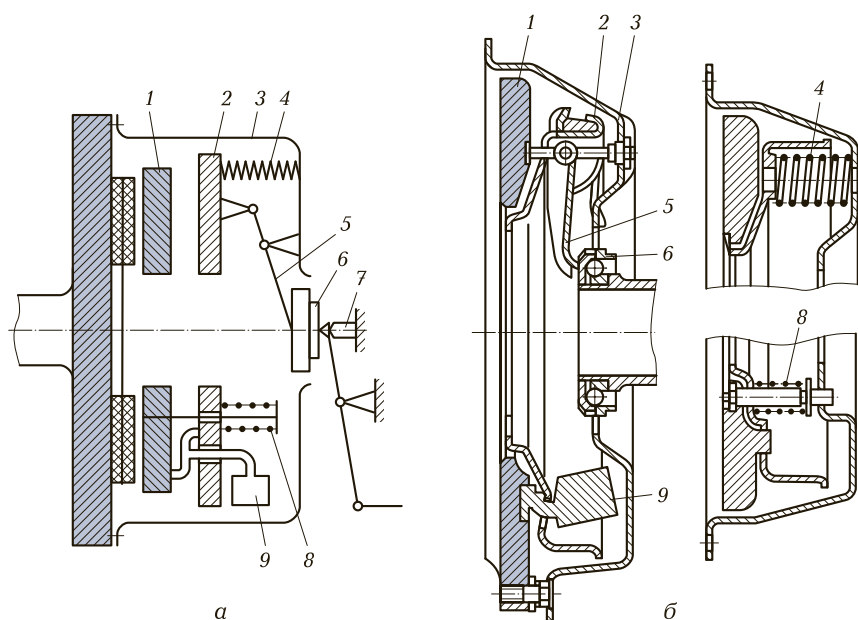


Рис. 3.2. Центробежное сцепление:

а — схема; б — устройство; 1 — нажимной диск; 2 — реактивный диск; 3 — картер; 4 — пружина; 5 — рычаг выключения сцепления; 6 — подшипник; 7 — упор; 8 — отжимная пружина; 9 — центробежный грузик

казанном на рис. 3.2, *а*. Фиксация обусловлена тем, что этот диск удерживается рычагами 5 выключения, концы которых упираются в подшипник муфты 6 выключения. Перемещению вправо самого подшипника вместе с нажимной муфтой препятствует упор 7 (на рис. 3.2, *б* не показан). Нажимной диск 1 отжимными пружинами 8 подтягивается к реактивному диску 2, что обеспечивает необходимый зазор между ведущими и ведомыми элементами сцепления. По мере увеличения угловой скорости коленчатого вала двигателя центробежные грузики 9 под действием центробежных сил расходятся и, упираясь пятками в нажимной диск 1 и реактивный диск 2, заставляют нажимной диск перемещаться влево, создавая при этом давление на ведомый диск. При небольшой деформации пружин 4, что имеет место даже при малом увеличении угловой скорости, рычаги выключения 5 поворачиваются на опорах и между концами рычагов и подшипником 6 муфты выключения образуется необходимый зазор. При торможении автомобиля до полной остановки сцепление автоматически выключается, не позволяя двигателю остановиться. Для переключения передач необходимо принудительно выключать сцепление при помощи педали. Для торможения двигателем при малых скоростях движения (например, на спуске), а также для пуска двигателя буксированием автомобиля необходимо отодвинуть упор 7, для чего предназначен специальный привод (с места водителя). В этом случае сцепление включается под действием пружин 4, которые упираются в картер 3, и становится постоянно замкнутым. Центробежное сцепление автоматизирует управление лишь частично. В некоторых конструкциях автоматических сцеплений центробежное сцепление применено в качестве одного из его элементов.

Гидравлические муфты. Для получения плавного разгона и улучшения динамических качеств в трансмиссиях иногда применяют гидравлические агрегаты, например гидравлические муфты. Рассмотрим устройство гидравлической муфты (рис. 3.3, *а*). К фланцу ведущего вала 1 (например, коленчатого вала двигателя) прикреплен кожух 2 муфты, с которым жестко связано лопаточное колесо 3, называемое насосным колесом. С ведомым валом 5 соединено второе лопаточное колесо 4, называемое турбиной. Насос и турбина выполнены с радиальным расположением лопаток. Гидравлическая муфта заполняется на 85...90 % полного объема специальной жидкостью (например, маловязким минеральным маслом). Если при неподвижном ведомом валу 5 ведущий вал 1 с насосным колесом 4 начнет вращаться, то жидкость, заполняющая насос 3, также будет вращаться вместе с насосом и одновременно,

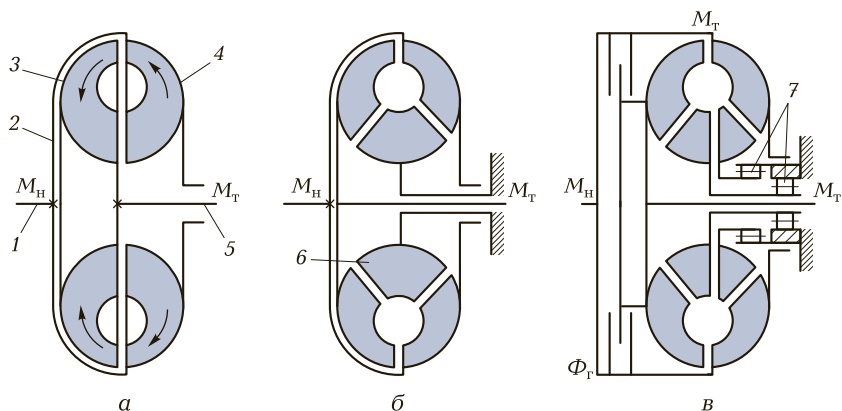


Рис. 3.3. Схемы гидродинамических агрегатов:

а — гидродинамическая муфта; *б* — гидротрансформатор; *в* — комплексная передача; 1, 5 — соответственно ведущий и ведомый вал; 2 — кожух; 3, 4 — соответственно насосное и турбинное колеса; 6 — реактор (турбинный насос); 7 — муфта свободного хода; M_H — момент на насосном колесе; M_T — момент на турбинном колесе; Φ_r — блокировочный фрикцион

под действием центробежной силы, будет перетекать от внутреннего края лопаток к наружному, как показано стрелками на рис. 3.3, *а*. При перетекании жидкости от внутреннего края лопаток насоса к наружному абсолютная скорость движения жидкости увеличивается, возрастает и ее кинетическая энергия. Попадая на лопатки турбины, жидкость движется от наружного края лопаток к внутреннему. Скорость движения жидкости уменьшается, часть кинетической энергии жидкости переходит на лопатки турбины, вследствие чего при некоторой частоте вращения насоса турбина начинает вращаться в том же направлении, что и насос. Таким образом, крутящий момент от вала насоса будет передаваться к валу турбины. При малой частоте вращения произойдет значительное отставание вращения турбины от вращения насоса или так называемое проскальзывание. По мере увеличения частоты вращения проскальзывание уменьшается, а КПД гидравлической муфты возрастает (до 0,97). В гидравлической муфте момент на турбине равен моменту на насосе.

Если между турбиной и насосом установить невращающееся лопаточное колесо (реактор) *б*, получится гидротрансформатор (рис. 3.3, *б*), который характеризуется тем, что у него крутящий момент на турбине M_T может превышать крутящий момент на насосе M_H . Изменение момента на турбине от максимального значения до зна-

чения, равного моменту на насосе, происходит автоматически. Однако КПД гидротрансформатора ниже КПД гидромукты.

Если реактор (один или несколько) установить на муфте 7 свободного хода, получится комплексная гидropередача (рис. 3.3, в), которая может работать в режиме гидротрансформатора (когда реактор заклинен и не вращается) или в режиме гидромукты (когда реактор расклинен и свободно вращается), позволяя получить положительные свойства на каждом из режимов. Для обеспечения механической связи между насосом и турбиной в гидротрансформаторах и комплексных гидropередачах устанавливают блокировочный фрикцион $\Phi_{\text{л}}$.

Гидромукты на автомобиле в качестве самостоятельного агрегата, выполняющего функции сцепления, не используют, так как они не могут обеспечить чистоты выключения. Кроме того, большой момент инерции турбинного колеса не дает возможности безударного переключения передач. Поэтому в тех случаях, когда конструкторы применяли гидромукту, последовательно с ней приходилось устанавливать фрикционное сцепление. При этом фрикционное сцепление служит лишь для переключения передач, а функцию буксования выполняет гидромукта. Это дает возможность применять во фрикционном сцеплении пружины, обеспечивающие минимальный коэффициент запаса, облегчая, тем самым, управление сцеплением.

При установке на автомобиле гидромукты увеличивается плавность трогания автомобиля с места, устойчивость движения в тяжелых дорожных условиях с малой скоростью при достаточно высокой угловой скорости коленчатого вала двигателя и большом крутящем моменте (за счет проскальзывания гидромукты); снижаются динамические нагрузки в трансмиссии; разобщение двигателя и трансмиссии при торможении происходит автоматически, когда скорость автомобиля снижается, что не позволяет двигателю остановиться.

Однако гидромукты не получили широкого применения в первую очередь потому, что при их установке снижается топливная экономичность автомобиля, причиной чего является неизбежное проскальзывание при передаче мощности, которая расходуется на нагрев жидкости. При передаче максимальной мощности потери на проскальзывание составляют 1...3 %. Вторая причина, препятствующая широкому применению гидромукт, связана с увеличением сложности, металлоемкости и стоимости такой трансмиссии.

Автоматическое управление сцеплением. Электромагнитные сцепления представляют один из видов сцеплений с автоматиче-

ским управлением. При установке на автомобиль сцепления с автоматическим управлением педаль сцепления обычно отсутствует, и поэтому такие автомобили называют автомобилями с двухпедальным управлением.

Конструкции механизмов сцеплений, применяемых при автоматическом управлении, могут быть различными, а автоматизация управления достигается при использовании вакуумного, пневматического, гидравлического, электрического или комбинированного привода. Сцепление с автоматическим управлением должно обеспечивать автоматическое выключение на режиме холостого хода двигателя, быстрое выключение при переключении передач, плавность и различную скорость включения при трогании и переключении передач, пуск двигателя буксированием и торможение двигателем. Для выполнения перечисленных функций некоторые конструкции автоматических сцеплений имеют два автономных механизма, объединенных в одном агрегате: сцепление трогания (обычно центробежное) и сцепление переключения передач, обеспечивающее разъединение двигателя и трансмиссии. Однако при этом усложняется конструкция и значительно увеличивается стоимость. Массового применения на автомобилях такие сцепления не получили. Достоинство электромагнитных сцеплений заключается в сравнительной простоте автоматизации управления. Особенностью сцепления этого типа является совмещение выполнения двух функций (трогания и переключения передач) одним механизмом. Конструктивно они выполняются как фрикционные сцепления с электромагнитным созданием нажимного усилия или как электромагнитные — порошковые.

При использовании автоматического электровакуумного привода сцепления (ЭВПС) само сцепление остается стандартным фрикционным, а автоматическое управление им осуществляется дополнительным оборудованием (рис. 3.4). В «навесное» оборудование входит вакуумный цилиндр 2 с поршнем 3, клапанное устройство 8, в котором размещается вакуумный клапан 7, электромагнит 5 с якорем 4, на торце которого имеется седло 9. В комплект оборудования входит блок управления 10, назначение которого регулировать силу тока, поступающего от генератора 11 в обмотку электромагнита, в зависимости от угловой скорости коленчатого вала двигателя. «Навесное» оборудование служит для автоматического управления обычным фрикционным, постоянно замкнутым сцеплением. В положении, показанном на рис. 3.4, сцепление включено, ток не поступает на обмотки электромагнита и якорь 4 пружиной штока 1 сдвинут вправо, седло 9 якоря

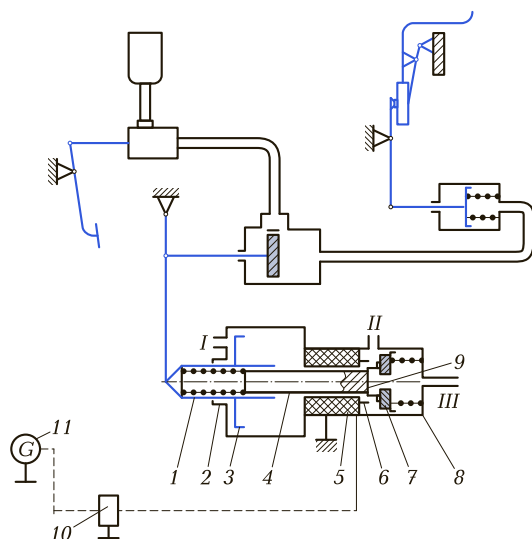


Рис. 3.4. Схема электровакуумного привода сцепления:

1 — шток; 2 — вакуумный цилиндр; 3 — поршень; 4 — якорь; 5 — электромагнит; 6 — седло; 7 — вакуумный клапан; 8 — клапанное устройство; 9 — седло якоря; 10 — блок управления; 11 — генератор; I, II — атмосферные выходы; III — впускной трубопровод

плотно закрывает центральное отверстие вакуумного клапана 7, связывающего вакуумный цилиндр с впускным трубопроводом III. В этом положении обе полости вакуумного цилиндра сообщены с атмосферой выводами I и II. При воздействии водителя на рычаг управления коробкой передач электрическая цепь замыкается и ток поступает в обмотки электромагнита 5. Под действием электромагнитного поля якорь 4 перемещается влево, открывая центральное отверстие вакуумного клапана 7 и сообщая правую полость цилиндра 2 с впускным трубопроводом. Одновременно вакуумный клапан 7 садится на седло 9, прерывая связь правой полости цилиндра (вывод II) с атмосферой. Благодаря создавшейся разности давления на поршень 3, последний перемещается и через рычаг и гидропривод выключает сцепление, что позволяет включить необходимую передачу в коробке передач. При максимальном значении силы тока в обмотках электромагнита сцепление полностью выключено, а при уменьшении силы тока сцепление постепенно включается. Сила тока зависит от угловой скорости коленчатого вала двигателя. При увеличении угловой скорости вакуум снижается. Одновременно с этим блок управления снижа-

ет силу тока. Такое регулирование обеспечивает плавное нарастание момента сцепления и, следовательно, плавное трогание автомобиля с места. Устройство позволяет сохранять заданную степень пробуксовывания, т.е. поддерживать режим, при котором сцепление включено не полностью. Степень пробуксовывания зависит от положения штока 1, внутри которого помещена пружина обратной связи. При некоторой заданной угловой скорости коленчатого вала двигателя наступает равновесие между электромагнитным усилием, действующим на якорь 4, и силой пружины обратной связи. В этом случае клапан 7 садится на седло 9 якоря 4 и седло 6, прерывая связь правой полости цилиндра как с вакуумом (вывод III), так и с атмосферой (вывод II). Следует отметить, что при применении ЭВПС сокращается время разгона. Описанное устройство вполне перспективно, так как может быть установлено на автомобиле без нарушения его компоновки. Педальный привод сцепления используют, например, при пуске двигателя буксированием, при этом ЭВПС выключается.

Как показывает опыт создания автоматических трансмиссий, их совершенствование идет по двум направлениям: автоматизация управления механическими трансмиссиями, состоящими из ступенчатой коробки передач и фрикционного сцепления (т.е. такими трансмиссиями, которыми оборудовано подавляющее большинство выпускаемых автомобилей), и оснащение автомобилей автоматическими специализированными трансмиссиями, обеспечивающими наиболее удобное, простое и легкое управление, высокую комфортабельность автомобиля.

По уровню автоматизации управления трансмиссии могут быть разделены на полуавтоматические, которые автоматизируют управление не целиком всей трансмиссией, а только отдельными ее узлами (например, сцеплением), и автоматические, управляемые без участия водителя. Чем выше уровень автоматизации, тем более сложные задачи должна решать система управления, что, естественно, связано с ее усложнением и удорожанием. Поэтому автоматические трансмиссии применяют преимущественно в автомобилях более высоких классов, хотя есть и конструкции, предлагаемые для установки на автомобилях малого класса. При этом основное распространение в качестве автоматических трансмиссий в настоящее время получили гидромеханические передачи.

Благодаря достижениям микроэлектроники решение проблемы автоматического управления обычными фрикционными сцеплениями обрело реальную базу, потому что именно электроника способна сформировать все необходимые режимы работы фрикционного

сцепления: принудительное выключение на период переключения передач и при снижении частоты вращения коленчатого вала до уровня, соответствующего режиму холостого хода двигателя; принудительную блокировку, гарантирующую его работу без пробуксовки, после того как в процессе разгона автомобиля отпадает необходимость в получении разности частот вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач; регулирование момента трения по заданным законам во время разгона автомобиля в целях наименьшего буксования при одновременном сохранении высоких тягово-скоростных качеств автомобиля.

Первые два режима реализуются достаточно простыми средствами, поскольку для них необходимо только выработать команды либо полного включения, либо полного выключения сцепления. Последний режим, особенно с учетом того, что регулирование момента трения должно выполняться по законам, предусматривающим оптимальную работу сцепления при самых разнообразных условиях движения автомобиля, осуществить гораздо труднее. Но электронике это по силам, поскольку она может фотографически точно воспроизвести самые эффективные варианты действий водителя при обычном (неавтоматическом) управлении сцеплением.

Возьмем, к примеру, режимы трогания автомобиля с места и его разгон. При неавтоматизированном управлении передаваемый сцеплением крутящий момент во время нажатия водителем на педаль подачи топлива (т. е. при увеличении частоты вращения коленчатого вала) и одновременном отпускании педали сцепления возрастает. Очевидно, что при переходе на автоматическое управление сцеплением такой закон регулирования крутящего момента должен быть сохранен. У водителя остается только одна функция — нажимать на педаль подачи топлива. Функцию же управления отпусканием педали сцепления берет на себя электроника, реагирующая на положение педали подачи топлива или на частоту вращения коленчатого вала, или на то и другое одновременно. Системой, реагирующей на положение педали подачи топлива, является, например, «Драйв-Матик» (Drive-Matic) (рис. 3.5) фирмы «Петри унд Леер», выпускаемая в Германии в качестве оборудования автомобилей, предназначенных для инвалидов. Исполнительное устройство этой системы представляет собой вакуумную сервокамеру 1, между корпусом которой и диафрагмой 3 располагается полость 2 регулируемого режима. При установке рычага 11 переключения передач в нейтральное положение и отпущенной педали подачи топлива 8 расположенные в рукоятке 10 рычага 11

и под ним электроконтакты ВС и ВП разомкнуты. Поэтому обмотки электромагнитов 16 и 26 оказываются отключенными от источника электропитания. Вакуумный клапан 25 при этом закрыт, и полость 2 сервокамеры соединена не с вакуум-ресивером 27, а с атмосферой (через открытый воздушный клапан 24). Сцепление находится во включенном состоянии. Как только водитель при неподвижном автомобиле включает какую-либо передачу, на обмотки электромагнитов 16 и 26 через замкнувшиеся контакты выключателя ВП и замкнутую выходную цепь электронного блока управления 13 подается электропитание. В результате электромагниты срабатывают и воздушный клапан 24 отсоединяет полость 2 сервокамеры от атмосферы, а клапан 25 подключает ее к вакуум-

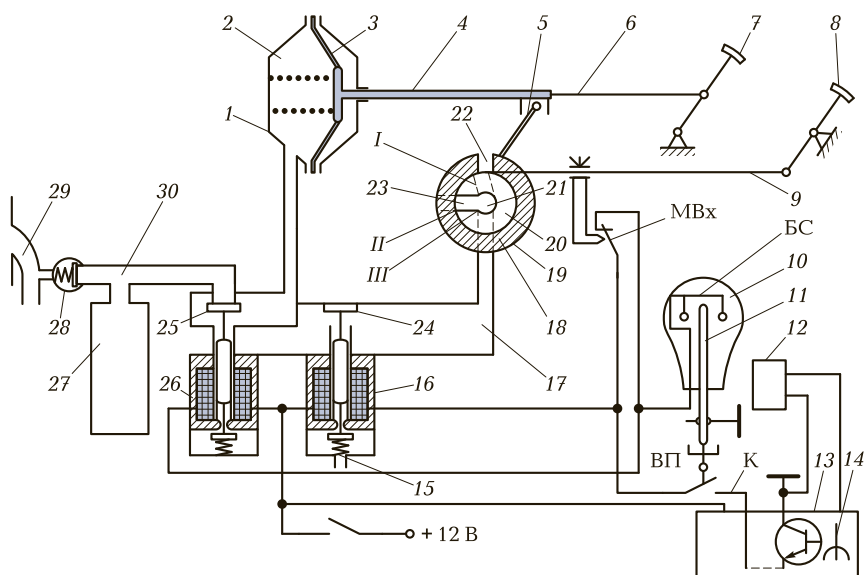


Рис. 3.5. Система автоматического управления сцеплением «Драйв-Матик»:

1 — вакуумная сервокамера; 2 — полость разрежения; 3 — диафрагма; 4 — шток вакуумной камеры; 5 — рычаг; 6 — тяга; 7 — педаль сцепления; 8 — педаль подачи топлива; 9 — трос; 10 — рукоятка переключения передач; 11 — рычаг переключения передач; 12 — датчик; 13 — ЭБУ; 14 — потенциометр; 15 — стравливающее отверстие; 16, 26 — обмотки электромагнитов; 17, 21 — каналы сервокамеры; 18 — корпус золотника; 19 — золотник; 20 — поворотный элемент; 22, 23 — каналы золотника; 24, 25 — соответственно воздушный и вакуумный клапан; 27 — вакуум-ресивер; 28 — клапан; 29 — коллектор; 30 — трубопровод; I, II, III — позиции поворотного элемента; МВх — контакты микровыключателя; БС, ВП, ВС — электроконтакты; К — клемма ЭБУ

ресиверу 27. Сцепление выключается (позиция II). Чтобы автомобиль начал движение, водитель нажимает педаль 8 подачи топлива. При этом контакты микровыключателя МВх размыкаются, и цепь питания обмотки электромагнита 26 размыкается. Вследствие этого клапан 25 закрывается, отсекая полость 2 сервокамеры от ресивера. Но поскольку обмотка электромагнита 16 остается под напряжением, воздушный клапан 24 оказывается также закрытым, и разрежение в полости 2 вакуумной камеры определяется только положением золотника 19. Дело в том, что корпус 18 золотника установлен по отношению к его поворотному элементу 20 таким образом, что при отпущенной педали 8 подачи топлива и расположении штока 4 вакуумной камеры в крайнем левом положении (полностью выключенное сцепление) каналы 22 и 23 золотника соединены между собой. Одновременно и полость 2 сервокамеры через каналы 17 и 21 соединяется с атмосферой, что приводит к постепенному уменьшению в ней разрежения и, как следствие, к перемещению штока 4 слева направо. Движение штока будет продолжаться до тех пор, пока элемент 20, поворачиваемый этим штоком, не разобьет каналы 22 и 23. Как только это произойдет, шток 4 прекратит движение, поскольку связь полости 2 сервокамеры с атмосферой прерывалась.

При отладке системы элементы золотника устанавливают таким образом, что при отпущенной педали подачи топлива шток 4 сервокамеры занимает положение, соответствующее началу передачи крутящего момента сцеплением. Этот период работы носит название «режим быстрого свода дисков».

При дальнейшем перемещении педали 8 подачи топлива трос 9 поворачивает элемент 20, соединяя каналы 22 и 23. Это повлечет за собой соединение полости 2 сервокамеры с атмосферой и дальнейшее перемещение штока в направлении включения сцепления. Перемещение прекратится, когда шток 4 опять установится в положение, соответствующее разобщению каналов 22 и 23. Очевидно, что чем на больший угол была открыта дроссельная заслонка, тем дальше в направлении включения сцепления должен перемещаться шток 4 — до положения, при котором произойдет разобщение каналов 22 и 23. Угол открытия дроссельной заслонки изменяется от минимального в позиции III до максимального при полностью открытом дросселе в позиции I. После того как автомобиль разгонится до скорости срабатывания датчика 12, сигнал от этого датчика поступает на электронный блок 13. Последний отключает от «массы» свою клемму К, разрывая тем самым цепь питания обмотки электромагнита 16. В результате воздушный клапан 24 открывается,

полость 2 сервокамеры соединяется с атмосферой независимо от того, в каком положении находятся элементы золотника. Сцепление блокируется. Чтобы оно при этом включалось плавно, диаметр стравливающего отверстия 15 выбран так, что скорость поступления воздуха через него не зависит от скорости открытия воздушного клапана. (Принудительная блокировка сцепления после разгона автомобиля до заданной скорости, устанавливаемая при помощи потенциометра 14, предотвращает повышенное изнашивание выжимного подшипника сцепления при движении автомобиля с малыми углами открытия дросселя.) Принудительное выключение сцепления в процессе переключения передач при всех частотах вращения коленчатого вала двигателя и скорости движения автомобиля обеспечивается замыканием контактов выключателя ВС, встроенного в рукоятку 10 переключателя передач. В этом случае включается электромагнит 26, благодаря чему полость 2 сервокамеры через открывшийся вакуумный клапан соединяется с вакуум-ресивером. Сцепление полностью выключается.

Как видим, система «Драйв-Матик» обеспечивает плавное увеличение крутящего момента, передаваемого сцеплением, только по мере увеличения угла открывания дроссельной заслонки. Если водитель уменьшает угол, крутящий момент не уменьшается. Чтобы не произошло остановки двигателя или «рывков» автомобиля, водитель должен сначала полностью отпустить педаль подачи топлива (замкнуть контакты микровыключателя МВх и соединить тем самым полость 2 сервокамеры с ресивером), а затем перевести эту педаль в требуемое условиями движения положение.

Данная особенность с точки зрения уменьшения опасности работы сцепления с длительной пробуксовкой — явление положительное. Однако она усложняет маневрирование на автомобиле при низких скоростях движения, а также ухудшает возможности трогания автомобиля с места на больших подъемах.

Система «Драйв-Матик» не единственная из реализующих первый закон регулирования и нашедших коммерческое применение. Еще одним примером подобных систем может служить сервофрикцион S фирмы «Гуидосимплекс» (Италия). У него практически такие же показатели, что и у системы «Драйв-Матик». Отличается сервофрикцион S лишь конструкцией клапанного устройства, которое регулирует разрежение в рабочей полости вакуумной сервокамеры: здесь четыре клапана, два из них имеют электромагнитный привод.

Общим для таких систем является применение двух электромагнитных клапанов, которые выполняют принудительные пол-

ные включение и выключение сцепления. Регулирование же передаваемого сцеплением крутящего момента осуществляется при помощи дополнительных механических или пневматических устройств управления. На электронную систему обычно возлагают лишь функции включения и выключения электромагнитных клапанов с учетом сигналов, поступающих от соответствующих датчиков или выключателей. Благодаря этому электронные блоки рассматриваемых систем представляют собой сравнительно простые устройства.

Автоматическое сцепление английской фирмы «Аутомотив Продактс» (AP) позволяет использовать только две педали управления автомобилем с механической коробкой передач. Эта конструкция основана на старой концепции, возрожденной с помощью электроники. Идея простая: сцепление отключается, как только водитель берется за рычаг переключения передач, и включается снова, когда осуществлен переход на очередную ступень.

В предложенной фирмой AP системе сцепления (рис. 3.6) имеется гидравлический привод высокого давления, который связан с управлением дроссельной заслонкой во время переключения передач с помощью шагового электродвигателя. В результате частота вращения коленчатого вала может быть оптимизирована для каждого переключения ступеней, что устраняет участие в этом человека и риск возможного перегрева механизма, рывков и потери скорости автомобиля. Микропроцессор получает информацию от выключателей 7, связанных с рычагом переключения передач, и приводит в действие гидропривод сцепления. Крутящий момент, передаваемый сцеплением, определяет специальное нагрузочное устройство, которое выдает сигнал только когда передача включается или выключается, а не во время перемещения рычага 6 по направлению к той ступени, которая уже включена. Это предотвращает неожиданное выключение сцепления, когда рука водителя лежит на рычаге в ожидании следующего переключения. Выключатель реагирует только на перемещение рычага вперед и назад и не воспринимает легкие толчки. Информация о частоте вращения коленчатого вала и включенной ступени вводится в электронный модуль. Датчик включенной ступени также позволяет предотвратить трогание автомобиля с места на любой передаче, кроме первой или второй. Другие датчики выдают информацию о положении педали подачи топлива 11 и ходе штока рабочего цилиндра 4 привода сцепления (датчики 10 и 3 соответственно). Рабочий цилиндр 4 приводится в действие гидравлическим блоком питания 5, состоящим из электронасоса и запасного бачка для жидкости под

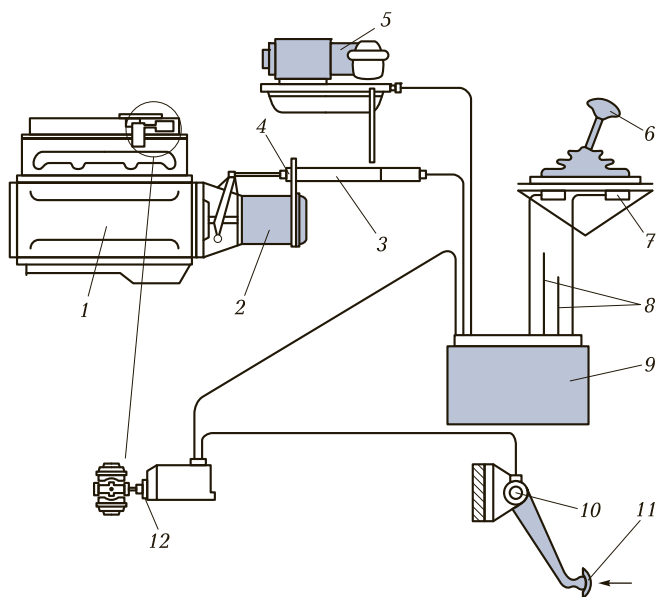


Рис. 3.6. Электрогидравлическая схема автоматического сцепления:

1 — двигатель; 2 — механическая коробка передач; 3 — датчик хода штока рабочего цилиндра; 4 — рабочий цилиндр; 5 — гидравлический блок питания; 6 — рычаг переключения передач; 7 — выключатель; 8 — выводы к датчикам частоты вращения коленчатого вала и включенной передачи; 9 — ЭБУ; 10 — датчик положения педали подачи топлива; 11 — педаль подачи топлива; 12 — электродвигатель регулятора положения дроссельной заслонки

давлением 0,4 МПа. В этом случае отпадает необходимость в главном цилиндре.

Системы автоматического управления сцеплением, реагирующие на частоту вращения коленчатого вала, формируются по иным принципам (в том числе системы с коррекцией положения педали подачи топлива и разности частот вращения ведущего и ведомого элементов сцепления). Для них характерно минимальное число клапанов или других управляющих механических, гидравлических или электромагнитных устройств. Но формирование законов автоматического регулирования момента, передаваемого сцеплением, а также принудительного включения и выключения последнего осуществляется электронным блоком по этой причине достаточно сложным. Пример — электронно-гидравлическая система ACTS (рис. 3.7), разработанная фирмой «Аутомотив Продактс» (Великобритания). В качестве источника энергии для дей-

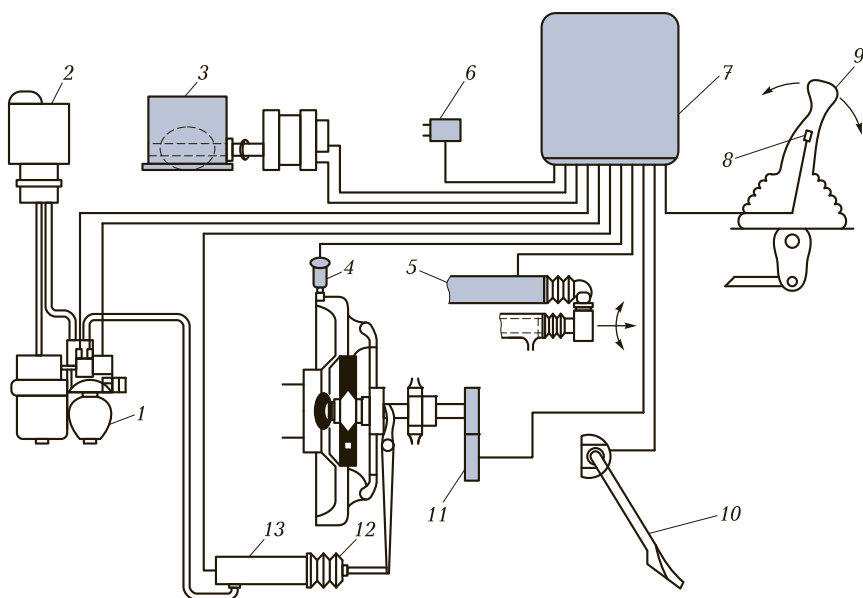


Рис. 3.7. Система автоматического управления сцеплением ACTS:

1 — гидравлический блок; 2 — резервуар; 3 — электродвигатель; 4—6, 10, 11 — датчики; 7 — электронный блок; 8 — выключатель; 9 — рукоятка рычага переключения передач; 12 — рычаг сцепления; 13 — гидроцилиндр сцепления

ствия привода сцепления применен гидравлический блок 1, в состав которого входят резервуар 2 гидросистемы, гидронасос с электродвигателем, гидроаккумулятор и электромагнитный клапан регулирования давления жидкости в исполнительном гидроцилиндре 13 привода рычага 12 сцепления. В этом гидроцилиндре находится датчик 11 положения его штока, который выполняет функции элемента обратной связи (по положению органа привода сцепления). Управление электромагнитным клапаном регулирования давления происходит по командам, поступающим к нему от электронного (микропроцессорного) блока автоматики 7. Этот блок, в свою очередь, работает как по сигналам датчика положения штока гидроцилиндра 13, так и от датчиков 4, 11, 10, 5 (соответственно частоты вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач, положения педали подачи топлива, контроля включения передач) и выключателя 8, расположенного в рукоятке 9 рычага переключения передач. В системе ACTS вместо механического привода дроссельной заслонки карбюратора при-

менен электромеханический привод, содержащий электродвигатель 3 постоянного тока. Управляет этим электродвигателем электронный блок 7, а обратную связь обеспечивает электрический датчик 6 положения дроссельной заслонки.

Такой привод дроссельной заслонки в сочетании с датчиком частоты вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач придал новое качество системе управления автомобилем: водитель получил возможность переключать передачи без изменения положения педали подачи топлива. Это означает, что процесс переключения передач сводится только к переводу рычага в желаемое положение. Необходимые в течение процесса включения и выключения сцепления, изменение подачи топлива происходит автоматически. Дело в том, что после перевода рычага в новое положение система управления сопоставляет сигналы, получаемые от датчиков частот вращения коленчатого вала двигателя и ведущего вала коробки передач, и в соответствии с ними вырабатывает такие сигналы управления электродвигателем привода дроссельной заслонки и темпом включения сцепления, которые обеспечивают оптимальный режим нагружения трансмиссии автомобиля.

Таким образом, система ACTS обладает достаточно широкими функциональными возможностями, что в определенной мере приближает достигаемый при ее помощи комфорт управления к идеальному. По всей видимости, такие устройства будут устанавливать лишь на дорогие модификации автомобилей малого класса и автомобили среднего класса.

Недавно появились системы автоматического управления сцеплением, не требующие оборудования автомобиля дополнительным источником энергии и способные работать в комплексе с бензиновыми и дизельными двигателями (в том числе турбонаддувными). Это системы с электромеханическим приводом сцепления. Типичный пример — система EKS, разработанная фирмой «Закс» (Германия), для установки на грузовых автомобилях «Мерседес».

3.3. КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

3.3.1. Ступенчатые коробки передач

Коробка передач предназначена для изменения частоты вращения и крутящего момента на ведущих колесах автомобиля, длительного разъединения двигателя и трансмиссии и получения за-

дного хода. Крутящий момент на ведущих колесах необходимо изменять в соответствии с дорожными условиями для обеспечения оптимальной скорости и проходимости автомобиля, а также для наиболее экономичной работы двигателя. Двигатель и трансмиссию необходимо разъединять на продолжительное время при его работе на холостом ходу (на стоянке, при движении накатом). Задний ход требуется автомобилю для совершения определенных маневров.

По характеру изменения передаточных чисел механические коробки передач могут быть двух типов: ступенчатые, имеющие до настоящего времени самое широкое применение, и бесступенчатые, не получившие пока распространения из-за низкой надежности. Ступенчатые коробки передач разделяют на простые (с неподвижными осями валов) и планетарные (с подвижными осями шестерен).

Ступенчатая коробка передач представляет собой механизм, состоящий из набора шестерен, которые в различных сочетаниях обеспечивают получение различных передаточных чисел. Поэтому при одном и том же крутящем моменте двигателя можно получить различные ступенчато меняющиеся моменты на ведущих колесах.

В простых ступенчатых коробках передач переключение передач осуществляется передвижением шестерен, а если последние находятся в постоянном зацеплении — при помощи зубчатых муфт или синхронизаторов. В планетарных коробках передач переключение передач осуществляется затормаживанием и растормаживанием одного или нескольких звеньев планетарных рядов.

Коробки передач могут иметь принудительное (неавтоматическое), автоматическое или полуавтоматическое управление. При принудительном управлении переключение передач осуществляется водителем при помощи рычага управления. В коробках передач с автоматическим управлением переключение передач происходит автоматически (без участия водителя) специальным механизмом в зависимости от скорости или сопротивления движения автомобиля, а также от частоты вращения коленчатого вала двигателя. При полуавтоматическом управлении выбор необходимой передачи осуществляется водителем, а процесс включения выбранной передачи — автоматически.

На большинстве легковых автомобилей установлены ступенчатые коробки передач. Двухвальные коробки передач с числом передач четыре-пять применяют для переднеприводных автомобилей малого класса и заднеприводных — с задним расположением

двигателя. Высшая передача часто повышающая. Как правило, большинство передач синхронизировано. Конструктивно такие коробки передач совмещают в одном блоке с двигателем, сцеплением, главной передачей и дифференциалом. Трехвальные коробки передач с числом передач не менее четырех используют для легковых автомобилей, выполненных по классической схеме. Отличительной особенностью трехвальной коробки передач является наличие прямой передачи, получаемой путем непосредственного соединения ведущего и ведомого валов, расположенных на одной оси (соосно). На прямой передаче трехвальная коробка имеет более высокий КПД, чем двухвальная, и работает менее шумно, так как в этом случае имеются только потери на трение в подшипниках и гидравлические потери. На этой передаче автомобиль движется большую часть общего пробега. На остальных передачах трехвальной коробки в зацеплении находятся две пары зубчатых колес, в то время как у двухвальных коробок передач — одна пара, что определяет более низкий КПД у трехвальных коробок передач, но зато позволяет получить на низшей передаче большее передаточное число.

На большинстве автомобилей установлены механические коробки передач, четырех- или пятиступенчатые, трехходовые, с постоянным зацеплением шестерен, с синхронизаторами и ручным управлением. Коробки имеют четыре или пять передач для движения вперед и одну передачу для движения назад. Шестерни всех передач (кроме заднего хода) — косозубые (что уменьшает шум при работе коробки передач), имеют постоянное зацепление. Шестерни передачи заднего хода — прямозубые. Передачи для движения вперед включаются с помощью синхронизаторов, а для движения назад — передвижением промежуточной шестерни заднего хода. Переключают передачи с помощью рычага, который имеет три хода вперед и назад для переключения передач.

3.3.2. Бесступенчатые коробки передач

Общие сведения. В большинстве конструкций ступенчатых коробок передач переключение передач выполняет водитель. В последнее время появляются конструкции ступенчатых коробок передач, где процесс переключения передач автоматизирован на основе применения микропроцессорной техники.

Бесступенчатые передачи фрикционного типа (вариаторы с гибкой связью) получили некоторое распространение на автомобилях малого класса. Интенсификация разработки бесступенча-

тых передач этого типа рядом ведущих автомобильных фирм позволяет ожидать, что применение таких передач в ближайшие годы расширится. Из всех типов бесступенчатых передач наиболее широкое внедрение получили гидродинамические (гидротрансформаторы), которые применяют в сочетании с автоматически управляемой ступенчатой коробкой — гидромеханические передачи. Почти все зарубежные фирмы, выпускающие легковые автомобили, предлагают устанавливать на своих автомобилях гидромеханические передачи по требованию потребителя за дополнительную плату. Продолжающееся совершенствование гидромеханических передач в направлении повышения КПД и, соответственно, топливной экономичности автомобиля неизбежно приведет к более широкому применению этих передач на автомобилях различного назначения.

Потенциально бесступенчатая коробка передач может обеспечить автомобилю оптимальные тягово-скоростные и топливно-экономические свойства. При использовании бесступенчатой коробки передач уменьшается время разгона; облегчается управление, так как изменение передаточного числа осуществляется автоматически; повышается проходимость автомобиля в результате постоянного подведения мощности к ведущим колесам.

Фрикционные передачи (часто их называют вариаторами) различают по характеру фрикционной связи между ведущими и ведомыми элементами: с гибкой связью и с непосредственным контактом. Обязательное условие работы фрикционной бесступенчатой передачи — коэффициент трения в контакте фрикционных элементов должен превышать коэффициент сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой.

Общим для всех бесступенчатых фрикционных передач является отсутствие внутренней автоматичности изменения передаточного числа (саморегулирования), поэтому в таких передачах необходим специальный регулятор, реагирующий на нагрузку и скорость движения. Кроме того, необходим механизм трогания (сцепление) и механизм реверса для обеспечения движения задним ходом. При контакте фрикционных элементов в той или иной степени происходит относительное скольжение, что отражается на КПД передачи.

Фрикционные бесступенчатые передачи с гибкой связью (клиноременные вариаторы). Передаточное число вариатора регулируется по угловой скорости и нагрузке центробежным и вакуумным регуляторами. Диапазон клиноременного вариатора сравнительно небольшой, но непрерывный, создается бесконечным

числом понижающих и повышающих передач. Наиболее уязвимый элемент клиноременной передачи — клиновой ремень, не обеспечивающий достаточной надежности передачи. В последние годы разработан более надежный и долговечный гибкий элемент, представляющий собой цепь из стальных трапецевидных блоков малой толщины, связанных многослойными стальными кольцами из тонкой стали. На базе такого элемента создано несколько конструкций вариаторов, которые применены на ряде зарубежных автомобилей малого класса. Благодаря повышению надежности вариаторы этого типа получают в ближайшие годы дальнейшее распространение.

Конструкция бесступенчатого вариатора «Уноматик» со стальным гибким элементом переднеприводного автомобиля имеет подвижные полушкивы, связанные с гидроцилиндрами, которые перемещаются в осевом направлении под действием давления масла, нагнетаемого специальным масляным насосом. Привод к ведущему шкиву осуществляется через размещенную в общем картере планетарную передачу, которая служит реверсом и управляется многодисковым тормозным механизмом и многодисковым сцеплением. Это сцепление используется также для трогания. Изменение передаточного числа осуществляется масляным насосом через золотниковую систему, которая регулирует давление в гидравлических цилиндрах в зависимости от угловой скорости коленчатого вала двигателя и положения педали подачи топлива, воздействующей на золотниковую систему. Для привода цилиндрической главной передачи используется промежуточная передача, так как оба шкива вращаются в одном направлении. Максимальное значение КПД этой передачи не превосходит 0,9, что значительно ниже КПД ступенчатой коробки передач.

Фрикционные бесступенчатые передачи с непосредственным контактом (лобовой вариатор с телами качения). Лобовые вариаторы довольно широко применяются в станкостроении. Для автомобиля было предложено много конструкций лобовых вариаторов, но наибольшую известность получил тороидаальный вариатор Хейса (устанавливается на одном из английских автомобилей малого класса).

Гидромеханические передачи. Гидротрансформатор, объединенный со ступенчатой коробкой передач, представляет собой гидромеханическую передачу. Ступенчатая коробка передач может соединяться с гидротрансформатором последовательно или параллельно (двухпоточная передача). Назначение ступенчатой коробки передач — увеличение диапазона и обеспечение работы гидро-

трансформатора в режиме высоких значений КПД на превалирующих эксплуатационных режимах, а также получение передачи заднего хода и нейтрального положения.

Гидромеханическая передача применяется на ряде автобусов и грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Удельная масса (кг/кВт) гидромеханических передач близка к удельной массе ступенчатых коробок передач. Основными причинами, препятствующими более широкому распространению гидромеханических передач, являются повышенная сложность и стоимость (для легковых автомобилей стоимость передачи составляет примерно 10 % стоимости автомобиля), а также несколько повышенный расход топлива.

Гидромеханические передачи, применяемые на автомобилях, разнообразны как по конструкции гидротрансформатора, так и по конструкции ступенчатой коробки передач. На легковых автомобилях в большинстве случаев устанавливают трехколесные (насос, турбина, реактор), одноступенчатые (с одной турбиной), комплексные (реактор установлен на муфте свободного хода) гидротрансформаторы. В сочетании с гидротрансформатором на легковых автомобилях применяют двух- или трехступенчатую коробку передач, обычно планетарную с автоматическим управлением (диапазон передаточных чисел 1,8...2,5). Как в одноступенчатых, так и многоступенчатых гидротрансформаторах часто устраивают блокировку гидротрансформатора после перехода на режим гидромукты, для чего в гидротрансформаторе устанавливают фрикционную муфту.

В гидромеханических передачах используют коробки передач как с неподвижными осями валов, так и планетарные, в большинстве случаев с автоматическим управлением. Некоторое распространение получили гидромеханические передачи, объединяющие гидротрансформатор, сцепление и коробку передач. В них гидротрансформатор связан с обычной, стандартной ступенчатой коробкой передач при помощи стандартного сцепления (иногда с автоматическим приводом), причем переключение передач производится вручную. Достоинством такой передачи является меньшая (примерно в 2 раза) стоимость по сравнению с автоматизированной гидромеханической передачей. В то же время такая конструкция имеет большие размеры и несколько большую металлоемкость.

Для этой конструкции достаточно однодискового сцепления, так как оно предназначено только для отключения ведущего вала коробки передач от вала турбины гидротрансформатора при пере-

ключении передач, а функцию буксования (скольжения) при включении передачи выполняет гидротрансформатор. При торможении сцепление остается включенным. Для управления сцеплением предназначен пневмоцилиндр, который через гидропривод связан с педалью сцепления.

Гидромеханические передачи с планетарными коробками передач. По сравнению с другими типами гидромеханические передачи с планетарными коробками передач получили наибольшее распространение и используются для легковых, грузовых автомобилей и автобусов. Это объясняется присущими планетарным коробкам передач достоинствами, к которым следует отнести компактность конструкции, т.е. меньшие размеры и, следовательно, малая металлоемкость; большой срок службы, что объясняется сравнительно малой нагруженностью зубчатых колес, валов и подшипников, так как нагрузка на зубья распределяется несколькими сателлитами, а валы и подшипники разгружены от радиальных нагрузок; большую жесткость конструкции, что способствует снижению уровня шума.

Недостатками планетарных передач являются их сложность, высокая стоимость, а также несколько пониженный КПД в результате большого числа зубчатых пар, находящихся одновременно в зацеплении. Переключение передач в планетарной коробке производится при помощи фрикционных элементов: фрикционных муфт и ленточных тормозных механизмов. Часть фрикционных элементов при включении одной передачи пробуксовывает, что также влияет на снижение КПД.

Планетарная коробка передач в зависимости от числа передач может включать один или несколько элементарных планетарных рядов, кинематически связанных между собой в различных сочетаниях. Элементарный планетарный ряд представляет собой дифференциальный трехзвенный механизм с двумя степенями свободы, состоящий из солнечного и эпициклического колес и водила с сателлитами.

Гидромеханическую передачу с планетарной коробкой передач (рис. 3.8) устанавливают на легковых автомобилях высшего класса. В ней применен трехколесный комплексный гидротрансформатор и трехступенчатая коробка передач с двумя элементарными, одинаковыми по параметрам планетарными рядами. Включение передач осуществляется тремя фрикционными муфтами Φ_I — Φ_{III} и двумя ленточными тормозными механизмами $T1$, $T2$. На первой передаче включены фрикционная муфта Φ_{II} и тормозной механизм $T2$. Ведущим является эпициклическое колесо планетарного

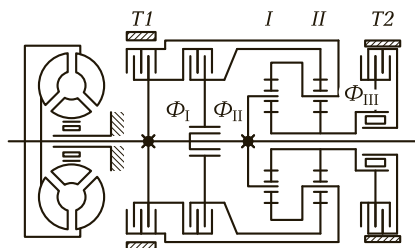


Рис. 3.8. Схема гидромеханической передачи с планетарной коробкой передач:

I, II — планетарные ряды; $T1, T2$ — ленточные тормозные механизмы; $\Phi_I - \Phi_{III}$ — фрикционные муфты

ряда II , которое вращается с угловой скоростью турбины гидротрансформатора, солнечное колесо заторможено, ведомым является водило. С угловой скоростью водила ряда II вращается ведущее эпициклическое колесо планетарного ряда I , где также заторможено солнечное колесо, а ведомым является водило.

На второй передаче включены фрикционная муфта Φ_I и тормозной механизм $T2$. Эпициклическое колесо планетарного ряда II вращается свободно, так как фрикционная муфта Φ_{II} выключена. Эпициклическое колесо планетарного ряда I вращается с угловой скоростью турбины гидротрансформатора. Солнечное колесо заторможено, ведомым является водило.

На третьей передаче включены фрикционные муфты Φ_I, Φ_{II} и тормозной механизм $T2$. Эпициклическое колесо и водило планетарного ряда II вращается с угловой скоростью турбины гидротрансформатора. С такой же угловой скоростью вращаются эпициклическое колесо и водило планетарного ряда. Таким образом, передаточное число третьей передачи равно единице (прямая передача).

На передаче заднего хода включены фрикционная муфта Φ_{II} и тормозной механизм $T1$. Заторможено водило планетарного ряда II (ведущее) и эпициклическое колесо. Солнечное колесо вращается в обратном направлении. Эпициклическое колесо планетарного ряда I заторможено, ведущим является солнечное колесо планетарного ряда I , ведомым — водило. При нейтральном положении включен тормозной механизм $T2$. При торможении двигателем включены фрикционные муфты $\Phi_I, \Phi_{II}, \Phi_{III}$, тормозной механизм $T2$. Муфта свободного хода заблокирована на первой и второй передачах, передаче заднего хода и в нейтральном положении.

Рассмотрим основные элементы гидромеханических передач.

Лопастные колеса. Гидротрансформатор имеет лопастные колеса литые из легких сплавов или штампованные из листовой стали. В штампованных колесах (насосном и турбинном) лопасти закреплены пайкой, сваркой или отгибными усиками, входящими в прорези чашек и торцов колес. Насосное и турбинное колеса могут быть установлены на подшипниках скольжения или качения. Колеса реактора обычно выполняют литыми и устанавливают на муфте свободного хода, если гидротрансформатор комплексный. Возникающие при работе гидротрансформатора, особенно на реакторе, осевые силы воспринимаются бронзовыми шайбами или специальными подшипниками качения. Гидротрансформатор может быть разборным и неразборным. В последнем случае должна быть гарантирована надежность лопастных колес.

Фрикционные муфты блокировки гидротрансформаторов. Муфты выполняют однодисковыми или многодисковыми. Ведомые металлокерамические диски установлены на шлицах ступицы вала турбинного колеса. Ведущие стальные диски наружными шлицами связаны со шлицами на крышке насосного колеса. Давление между дисками создается поршнем, на который действует давление жидкости при переходе на режим блокировки гидротрансформатора.

Муфты свободного хода. Эти муфты, применяемые в комплексных гидротрансформаторах и в некоторых планетарных ступенчатых коробках передач, бывают роликовыми и кулачковыми. Более широкое применение имеют роликовые муфты.

Фрикционные муфты включения передач. Многодисковые металлокерамические муфты работают в масле. Ведущие диски стальные, ведомые — металлокерамические. Выключенное состояние муфты обеспечивается одной или несколькими пружинами, перемещающими поршень в исходное положение, включенное состояние — давлением рабочей жидкости на поршень, который сжимает пакет ведущих и ведомых дисков. Высоким требованиям должны отвечать уплотнительные устройства, так как повреждение уплотнений приводит к нарушению работы гидромеханической передачи.

В некоторых конструкциях гидромеханических передач фрикционные муфты выполняют функции тормозного устройства. В этом случае наружный барабан муфты закрепляют на картере коробки передач. В ряде конструкций гидромеханических передач применены барабанные ленточные тормоза. Управление тормозным механизмом осуществляется исполнительным тормозным цилиндром.

Элементы охлаждения циркулирующей в гидротрансформаторе жидкости. Для охлаждения применяют оребрение наружной поверхности насосного колеса и специальный радиатор для прокачивания рабочей жидкости. Масляный насос системы автоматического управления коробкой передач, приводимый от вала турбины, создает некоторое избыточное давление в круге циркуляции, что позволяет жидкости поступать в радиатор. Температура жидкости должна находиться в пределах 70...110 °С. Избыточное давление в круге циркуляции необходимо также для восполнения утечек жидкости из рабочей полости и предупреждения кавитационных явлений, приводящих к снижению КПД, возникновению вибраций и коррозии лопастей.

Управление ступенчатой коробкой передач обычно автоматическое. Момент переключения передач определяется по двум параметрам регулирования: скорости движения и нагрузке двигателя (положение педали подачи топлива).

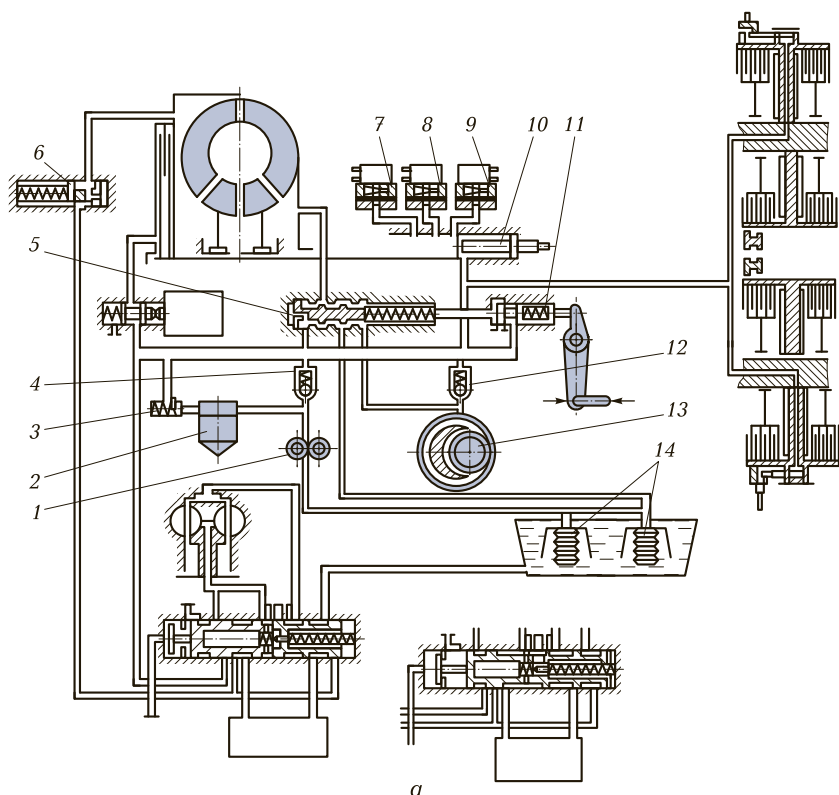
Система гидравлического управления переключением передач включает в себя:

- масляные насосы, создающие давление в гидролинии в пределах 0,4...0,7 МПа; обычно один из них приводится от вала турбинного колеса, другой — от ведомого вала коробки передач;
- датчик скорости центробежного типа;
- датчик нагрузки, связанный с педалью подачи топлива;
- золотники управления, фильтры, перепускные и обратные клапаны, микровыключатели и другие устройства, обеспечивающие работу управления;
- контроллер для выбора режима, управляемый водителем.

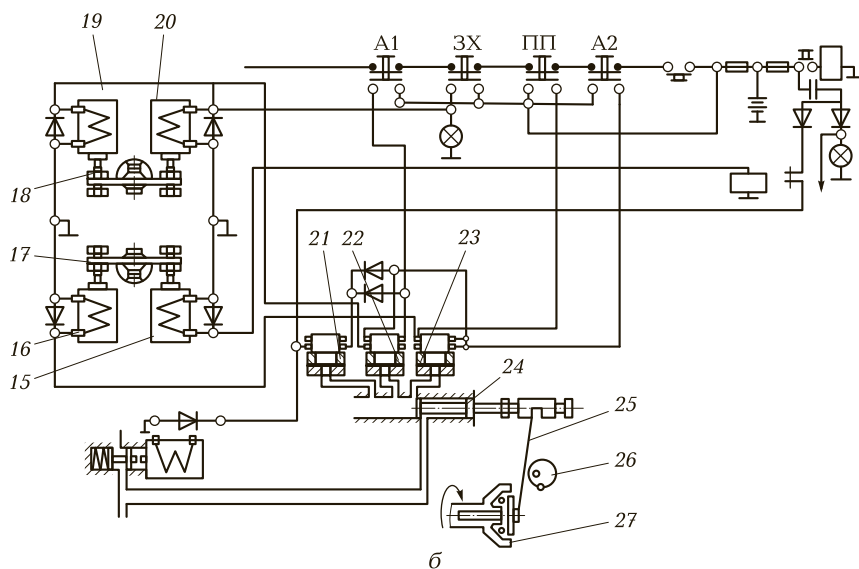
Масляная система (рис. 3.9, а) является исполнительной частью автоматического управления. При помощи двух масляных насосов — переднего 13, приводимого от двигателя, и заднего 1, приводимого от промежуточного вала коробки передач, — в главной магистрали масляной системы и в ее ответвлениях создается давле-

Рис. 3.9. Системы управления гидромеханической передачей:

а — масляная; б — автоматическая; 1, 13 — масляные насосы; 2 — фильтр тонкой очистки масла; 3, 12 — обратные клапаны; 4 — перепускной клапан; 5, 6, 11 — регуляторы давления; 7–9 — выключатели; 10, 24 — главные золотники; 14 — маслоприемники; 15, 16, 19, 20 — электромагниты; 17, 18 — переключатели; 21–23 — выключатели; 25 — рычаг; 26 — эксцентрик; 27 — центробежный регулятор; А1, А2, 3Х, ПП — положения контроллера



а



б

ние, а система автоматического управления в нужный момент направляет масло под давлением к определенному узлу (цилиндр фрикционной муфты, цилиндр блокировки гидротрансформатора).

Передний насос нагнетает масло при неподвижном автомобиле и при трогании, а задний насос — при движении. Как только давление масла, нагнетаемого задним насосом, становится достаточным, передний насос автоматически отключается и работает на слив. Масло подается также для подпитки гидротрансформатора к клапану управления тормозом-замедлителем, к масляному радиатору для смазывания коробки передач.

В масляной системе можно отметить наличие следующих устройств: маслоприемников 14, размещенных в поддоне; регулятора давления 5 в главной магистрали, управляющей подпиткой и отключающей передний насос при достижении заданного давления; регулятора режима давления 11, устанавливающего рабочее давление в главной магистрали в зависимости от положения педали подачи топлива; главного золотника 10; выключателей 7—9 блокировки гидротрансформатора и включения передач; регулятора давления 6 в гидротрансформаторе; обратных клапанов 3 и 12, перепускного клапана 4, масляного фильтра тонкой очистки 2.

Система управления (рис. 3.9, б) автоматически переключает передачи в зависимости от перемещения педали подачи топлива и скорости движения автомобиля. Датчиком перемещения педали служит эксцентрик 26, связанный с приводной тягой. При перемещении педали эксцентрик, поворачиваясь, воздействует на рычаг 25, который, в свою очередь, перемещает главный золотник 24. Датчиком скорости служит центробежный регулятор 27, который также воздействует на рычаг 25, перемещающий главный золотник. Чем больше нагрузка (подача топлива) и чем больше скорость движения, тем больше перемещение главного золотника. Включение той или иной передачи зависит от положения главного золотника.

Рассмотрим рабочий процесс системы управления на примере включения одной передачи. При определенном положении главного золотника главная магистраль сообщается с каналом одного из выключателей 21—23, который замыкает электрическую цепь; ток поступает к одному из электромагнитов 15, 16, 19, 20, которые через переключатели 17 и 18 перемещают золотники периферийных клапанов. При этом масло из главной магистрали поступает в цилиндр соответствующей фрикционной муфты, вследствие чего происходит включение передач. В этой коробке предусмотрен предварительный выбор режима при помощи контроллера, управ-

ляемого водителем. Контроллер имеет положения A1, A2, 3X, ПП, при переключении которых: A1 — автоматически включаются первая и третья передачи и третья передача с блокировкой гидротрансформатора; A2 — автоматически включаются первая и вторая передачи и вторая передача с блокировкой гидротрансформатора; 3X — включается передача заднего хода; ПП — принудительно включается первая передача.

Автоматические трансмиссии, применяемые в настоящее время на легковых автомобилях, имеют различные конструктивные особенности, которые требуют внимательного рассмотрения в каждом конкретном случае. Остановимся на некоторых общих характерных свойствах, присущих многим конструкциям автоматических трансмиссий. В частности, по желанию покупателя автомобиль «Форд Эскорт/Орион» поставлялся с автоматической трансмиссией ATX (ATX — Automatic-Transaxle), имеющей три диапазона выбора передних передач, которые автоматически переключаются. В зависимости от выбранного диапазона и скорости движения редукция передаваемой мощности выбирается гидравлически или механически. Благодаря этому значительно снижается проскальзывание при передаче момента. По сравнению с обычными редукторами здесь значительно выше коэффициент полезного действия, т.е. на колеса передается больший вращающий момент. Это улучшает ходовые характеристики и снижает расход топлива.

Для получения больших ускорений автомобиля, например, при обгоне, в автоматической трансмиссии имеется так называемый выключатель Kick-Down («кик-даун»), включающийся при полном нажатии на педаль газа. Эффект заключается в том, чтобы или продолжать удерживать трансмиссию на низкой передаче, или переключать с более высокой на более низкую передачу, что позволяет достичь большего ускорения.

Автомобили марки «Опель» могут быть по желанию клиента оборудованы автоматической трансмиссией, которая имеет четыре скорости с автоматическим переключением. Управление осуществляется через электронный блок управления, который расположен на передней панели кузова. Блок управления получает информацию от датчиков о положении переключателя скоростей, температуре масла, а также данные о нагрузке двигателя (от блока управления «Мотроник»). Переключения скоростей обеспечиваются с помощью четырех электромагнитных клапанов. Такая система управления имеет следующие преимущества: меньший расход топлива, более высокое качество переключения передач, боль-

ший выбор режимов езды (экономный, спортивный, зимний). При нарушении входных сигналов или повреждении электромагнитных клапанов происходит переключение системы на аварийную программу. Неисправности, возникающие во время пробега автомобиля, накапливаются в запоминающем устройстве и могут быть затем выведены на табло. Момент переключения передач зависит от положения рычага селектора (его называют так, поскольку он служит для выбора режима работы коробки передач), от скорости автомобиля, нагрузки на двигатель и от того, плавно или резко водитель нажимает на педаль подачи топлива.

Рычаг переключения диапазонов автоматической коробки передач может находиться в одном из следующих положений:

- Р — стоянка (парковка);
- R — передача заднего хода;
- N — нейтраль;
- D — автоматическое переключение передач (с первой по четвертую);
- 3 — автоматическое переключение передач с первой по третью;
- 2 — автоматическое переключение первой и второй передач;
- 1 — первая передача.

При плавном нажатии на педаль подачи топлива во время движения каждая следующая (высшая) передача будет включаться, как только частота вращения коленчатого вала двигателя станет достаточной для перехода на нее. Автомобиль при этом разгоняется плавно. Если водитель нажимает на педаль энергично, передачи станут переключаться несколько позднее, а разгон будет интенсивнее. У коробок последних выпусков есть отдельный переключатель, положения которого N и S соответствуют описанным нормальному и спортивному режимам разгона.

На рис. 3.10 показана автоматическая коробка передач, устанавливаемая по желанию заказчика на автомобилях «БМВ» пятой и седьмой серий. Трансмиссия автомобиля «БМВ» может быть с электронным и гидравлическим управлением. В состав автоматической трансмиссии с электронным управлением типа ZF 4HP 22/ЕН, которая устанавливается на автомобилях моделей 5201 и 5251, входят автоматическая планетарная коробка передач, гидротрансформатор и ЭБУ. Электронный блок управления объединен с цифровой системой управления двигателем «Мотроник». Переключатель программ позволяет выбрать одну из двух программ переключения передач (режимов разгона) или ручной режим переключения.

Программа Е — экономичный режим движения; программа S — спортивный без включения четвертой передачи. Переключение передач происходит при повышенной частоте вращения коленчатого вала двигателя. Ручное переключение передач позволяет заблокировать коробку на одной из трех низших передач. Пуск двигателя возможен только в положении Р или N рычага селектора. Перевод рычага селектора в положение 1, 2 или 3 возможен при любой скорости движения, так как преждевременное включение низшей передачи невозможно. Понижающая передача («кик-даун») включается нажатием до упора на педаль подачи топлива. Привод масляного насоса, обеспечивающего подвод масла к гидротрансформатору, механизму блокировки и муфтам сцепления, осуществляется от гидротрансформатора в соответствии с частотой вращения коленчатого вала двигателя.

При буксировке автомобиля масляный насос не работает, и детали коробки передач смазываются плохо. Чтобы исключить повышенное изнашивание деталей автоматической коробки передач, рекомендуется отсоединить карданный вал. Если скорость буксировки не более 50 км/ч, то карданный вал можно не отсоединять.

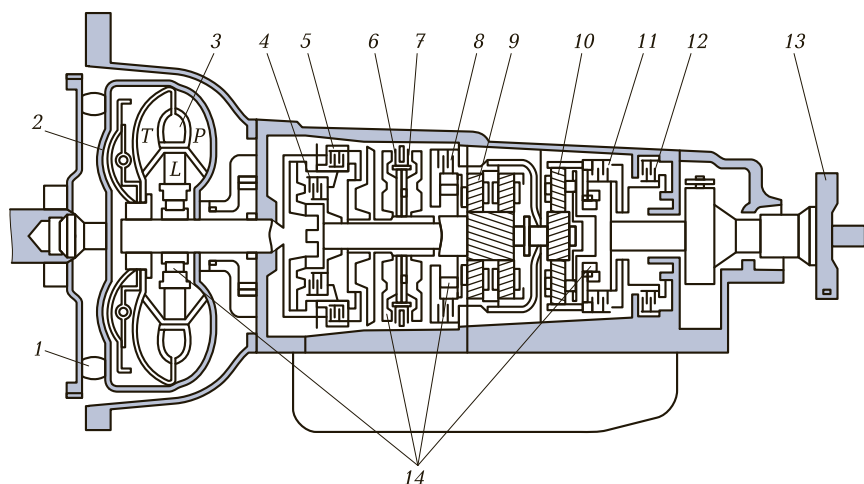


Рис. 3.10. Автоматическая коробка передач:

1 — ведущий диск; 2 — муфта блокировки гидротрансформатора крутящего момента; 3 — гидротрансформатор крутящего момента; 4, 5, 11 — вращающиеся дисковые фрикционы; 6, 7, 8, 12 — неподвижные дисковые фрикционы (тормоза); 9, 10 — блоки планетарных шестерен; 13 — фланец выходного вала; 14 — муфты свободного хода; P — насос; L — реактор; T — турбина

На легковых машинах применяют пять типов коробок передач: механические с ручным переключением, их разновидность с автоматическим приводом сцепления и автоматизированные механические коробки передач. Альтернативой им служат гидромеханические трансмиссии с электронным управлением и все возможные конструкции вариаторов. У всех имеются свои недостатки. Механическая коробка передач — безусловный лидер по простоте, дешевизне и эффективности. Однако она проигрывает по комфорту, поскольку принуждает водителя манипулировать рычагом и выжимать сцепление. Автоматический привод последнего решает лишь половину проблемы (при увеличении цены вдвое). Полностью автоматизированная механическая трансмиссия не дешевле гидромеханического «автомата», и, как выяснилось, у нее есть существенный недостаток: гидравлическая система требует высокого давления жидкости и, соответственно, мощного насоса, который приводится в действие двигателем автомобиля. Это не лучшим образом сказывается на расходе топлива в городском цикле, поскольку необходимо обеспечивать повышенную частоту вращения двигателя на холостом ходу. Кроме того, все три разновидности обладают одним неустранимым недостатком — они разрывают поток мощности при переключении. Это почти незаметно при плавном разгоне, зато на мощных машинах при быстрой езде пассажиры ощущают явный дискомфорт.

Вариатор, безусловно, хорош в городском режиме, но его коэффициент трансформации недостаточно велик для современных скоростных автомобилей с высокооборотными двигателями; КПД его ниже, а стоимость и масса значительно выше, чем у механической коробки передач. Есть и ограничение — передаваемая мощность не более 100 кВт. Это скорее технологический предел, чем конструктивный. Гидромеханические трансмиссии стали намного совершеннее в последние годы благодаря широкому распространению электроники. Блокировка гидротрансформатора на высших передачах позволила им сравниться в экономичности с механическими коробками передач на шоссе, но в городе на некоторых режимах они по-прежнему проигрывают. Виной тому не только постоянная пробуксовка гидротрансформатора, но и привод масляного насоса, который создает высокое давление, сжимающее фрикционы. В результате потери мощности достигают 15...20 %. Не стоит сбрасывать со счетов и заметную, примерно 5 %, потерю динамических качеств автомобиля — она особенно чувствуется на малолитражках. Цена же современного «автомата» даже в условиях массового производства втрое больше, чем механической коробки передач.

3.3.3. Автоматические коробки передач с двумя сцеплениями

В такой коробке передач крутящий момент от двухмассового маховика двигателя передается на два многодисковых сцепления, связанных с соответствующими соосными ведущими валами, один из которых проходит внутри другого (рис. 3.11).

Параллельно ведущим валам расположены два ведомых вала. С одним из ведущих валов жестко связаны ведущие шестерни нечетных передач (первой, третьей, пятой), а с другим — ведущие шестерни четных передач (второй, четвертой, шестой и передачи заднего хода). На ведомых валах находятся шестерни постоянного зацепления соответствующих передач, которые могут жестко соединяться с ведомыми валами с помощью синхронизаторов. Управление сцеплениями и перемещением синхронизаторов осуществляется посредством гидравлических исполнительных устройств. Необходимое давление в системе создается электрическим гидронасосом. Управляет работой коробки передач электронный блок управления, который получает информацию от десяти датчиков, расположенных в коробке передач, и связан с электронным блоком управления двигателем.

При трогании автомобиля электронный блок дает команду, включая первую передачу, а затем первое сцепление, после чего крутящий момент передается на один из ведомых валов коробки передач, который через ведущую шестерню приводит во враще-

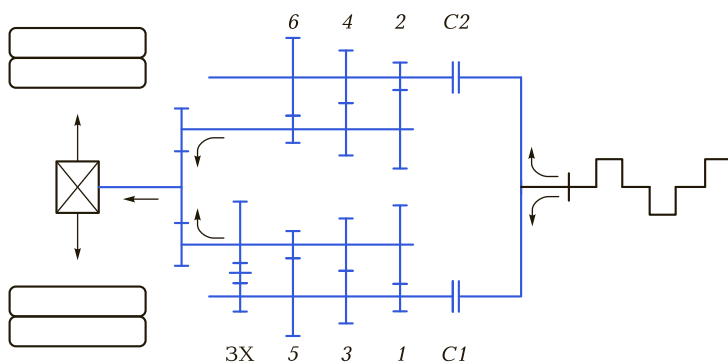


Рис. 3.11. Схема коробки передач с двумя сцеплениями:

1—6 — пары шестерен соответствующих передач; 3X — передача заднего хода; C1, C2 — многодисковые сцепления

ние ведущую шестерню главной передачи. Главная передача через дифференциал приводит во вращение ведущие колеса автомобиля и одновременно раскручивает второй ведомый вал, на котором расположены синхронизаторы, включающие четные передачи. За время разгона на первой передаче при достижении соответствующей скорости и за счет простого переключения сцеплений на параллельном ведомом валу включается вторая передача. Переход на последующие передачи происходит аналогично, без разрыва потока мощности, неизбежного в простых механических коробках передач. Процесс переключения усложняется при необходимости переключения на более низкую передачу при движении с постоянной скоростью. Алгоритм переключения, заложенный в памяти электронного блока управления, разработан компанией «Ауди». Автомобили с такими коробками передач показывают хорошие результаты по динамике разгона и топливной экономичности.

3.4. ГЛАВНЫЕ ПЕРЕДАЧИ, ДИФФЕРЕНЦИАЛЫ

Виды главных передач. Главную передачу, обеспечивающую постоянное увеличение крутящего момента и передачу его к ведущим колесам, выбирают из условий получения заданной максимальной скорости автомобиля на высшей передаче и оптимальной топливной экономичности. Для получения достаточного тягового усилия на ведущих колесах автомобиля крутящий момент двигателя необходимо увеличивать даже на высшей передаче. Устанавливают главную передачу как можно ближе к ведущим колесам, чтобы уменьшить нагрузки на агрегаты трансмиссии, расположенные между двигателем и главной передачей.

В настоящее время наибольшее применение на легковых автомобилях получили одинарные шестеренчатые главные передачи: конические со спиральным зубом, гипоидные и цилиндрические (рис. 3.12).

Конические шестерни главных передач могут быть с прямыми или со спиральными зубьями. Главные передачи с гипоидным зацеплением применяют, когда оси ведущей 1 и ведомой 2 шестерен не пересекаются в отличие от простой конической передачи, где эти оси пересекаются. Смещение оси ведущей шестерни гипоидной передачи вверх позволяет увеличить дорожный просвет (клиренс) и проходимость машины, а смещение оси вниз позволяет снизить центр тяжести машины и повысить ее устойчивость. У конических шестерен со спиральными зубьями прочность зубьев бо-

лее высокая по сравнению с шестернями с прямыми зубьями. Кроме того, увеличение числа зубьев, одновременно находящихся в зацеплении, делает работу шестерен более плавной и бесшумной, повышает их долговечность.

В главной передаче с гипоидным зацеплением зубья имеют специальный профиль, поэтому при одинаковых диаметрах ведомых шестерен и одинаковом передаточном числе диаметр ведущей шестерни гипоидной передачи больше, чем у простой конической, а это повышает прочность и долговечность гипоидной передачи, улучшает плавность зацепления ее шестерен и уменьшает шум при работе. Оси шестерен не пересекаются, а перекрещиваются и лежат на некотором расстоянии (ось ведущей шестерни ниже оси ведомой), т.е. имеют гипоидное смещение. Благодаря гипоидному смещению уменьшается высота расположения карданной передачи и пола кузова, вследствие чего повышается комфортабельность автомобиля, несколько снижается его центр тяжести и повышается устойчивость. Однако гипоидная передача более чувствительна к нарушению правильности зацепления и требует более точной регулировки. Кроме того, в гипоидной передаче при зацеплении происходит скольжение зубьев, сопровожда-

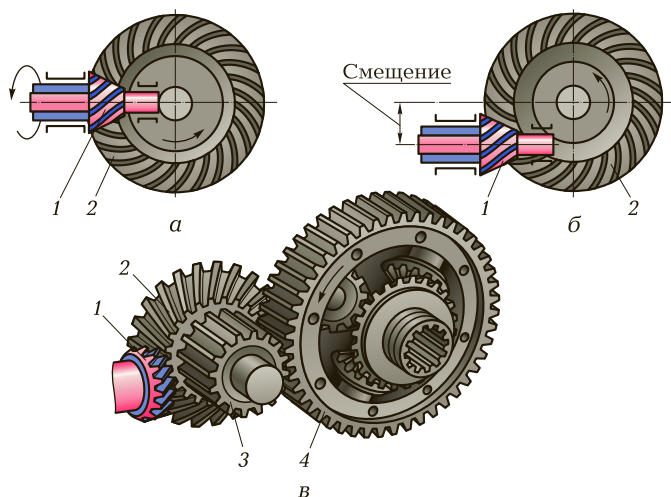


Рис. 3.12. Главные передачи:

а — коническая; б — гипоидная; в — цилиндрическая; 1, 2 — соответственно ведущая и ведомая коническая шестерня; 3, 4 — соответственно ведущая и ведомая цилиндрическая шестерня

ющееся нагреванием. Следствием этого является разжижение и выдавливание смазки, приводящее к повышенному износу зубьев, для устранения которого необходимо применять специальную смазку.

Цилиндрическая главная передача, применяемая при поперечном расположении двигателя в переднеприводных автомобилях, размещается в общем картере с коробкой передач и сцеплением. При этом шестерню главной передачи закрепляют на ведомом валу коробки передач, а иногда выполняют как единое целое с этим валом и устанавливают консольно. При консольной установке шестерни главная передача и дифференциал могут быть несколько сдвинуты в сторону двигателя — тем самым уменьшается разница длины полуосей. С той же целью колесо закрепляют на картере дифференциала, обычно с левой по ходу автомобиля стороны.

В существующих конструкциях зубья цилиндрической передачи выполняют прямыми («Форд Фиеста»), косыми (ВАЗ, «Фиат Уно»), шевронными («Хонда»).

Виды и особенности дифференциалов. Дифференциал служит для распределения подводимого к нему крутящего момента между выходными валами и обеспечивает возможность их вращения с неодинаковыми угловыми скоростями. При движении автомобиля на повороте внутреннее колесо каждой оси проходит меньшее расстояние, чем ее наружное колесо, а колеса одной оси проходят различные пути по сравнению с колесами других осей. Различные пути проходят колеса автомобиля при движении по неровностям на прямолинейных участках и на повороте, а также при прямолинейном движении по ровной дороге в случае неодинаковых радиусов качения колес, например при неодинаковом давлении воздуха в шинах, неодинаковом износе шин, при неравномерном распределении нагрузки на оси автомобиля. Если бы все колеса вращались с одинаковой скоростью, это неизбежно приводило бы к проскальзыванию и пробуксовыванию колес относительно опорной поверхности, следствием чего явились бы повышенный износ шин, увеличение нагрузок в механизмах трансмиссии, затраты мощности двигателя на работу скольжения и буксования, повышение расхода топлива, трудность поворота машины. Таким образом, колеса автомобиля должны иметь возможность вращаться с неодинаковыми угловыми скоростями относительно друг друга. У неведущих колес это обеспечивается тем, что они установлены свободно на своих осях и каждое из них вращается независимо друг от друга. У ведущих колес это обеспечивается установкой в их приводе дифференциалов.

По месту расположения дифференциалы делят на межколесные (распределяющие крутящий момент между ведущими колесами одной оси) и межосевые (распределяющие крутящий момент между главными передачами двух ведущих мостов).

По соотношению крутящих моментов на ведомых валах дифференциалы подразделяют на симметричные (моменты на ведомых валах всегда равны между собой) и несимметричные (моменты на ведомых валах всегда находятся в определенном соотношении, не равном единице).

Различают также дифференциалы неблокируемые, блокируемые принудительно, самоблокирующиеся.

По конструкции дифференциалы бывают шестеренчатые конические, шестеренчатые цилиндрические, кулачковые, червячные. В некоторых случаях вместо дифференциалов устанавливают механизмы типа муфт свободного хода.

Наиболее распространены симметричные конические дифференциалы (их часто называют простыми). Применяют их как на легковых, так и на грузовых автомобилях в качестве межколесных, а иногда и межосевых дифференциалов.

Механизм дифференциала включает в себя корпус, сателлиты и ось сателлитов или крестовину, полуосевые шестерни. Число сателлитов в дифференциалах легковых автомобилей — два, грузовых — четыре. В редких конструкциях встречаются три сателлита. Дифференциалы с двумя сателлитами 2 (рис. 3.13, а) имеют неразъемный корпус 1, что придает ему большую жесткость. Для сборки дифференциала корпус имеет окна. Дифференциалы с четырьмя сателлитами (рис. 3.13, б) имеют разъемный корпус с разъемом по оси сателлитов. Рассмотрим подробнее устройство и работу такого дифференциала. Вал привода ведущих колес разрезан на две части — полуоси, на внутренних концах которых установлены на шлицах одинаковые конические полуосевые шестерни 3, расположенные внутри корпуса 1 дифференциала. Эти шестерни постоянно соединены друг с другом посредством нескольких конических шестерен — сателлитов. Сателлиты могут вращаться на осях крестовины, закрепленной в корпусе 1 дифференциала, который получает вращение от ведомой шестерни главной передачи и установлен в картере главной передачи на роликовых конических подшипниках. Корпус дифференциала обычно состоит из двух половин, скрепленных болтами. В плоскости разъема корпуса зажата крестовина. Все шестерни дифференциала имеют прямые зубья. Торцевые поверхности сателлитов, как правило, выполнены сферическими, что обеспечивает центрирование сателлитов и их пра-

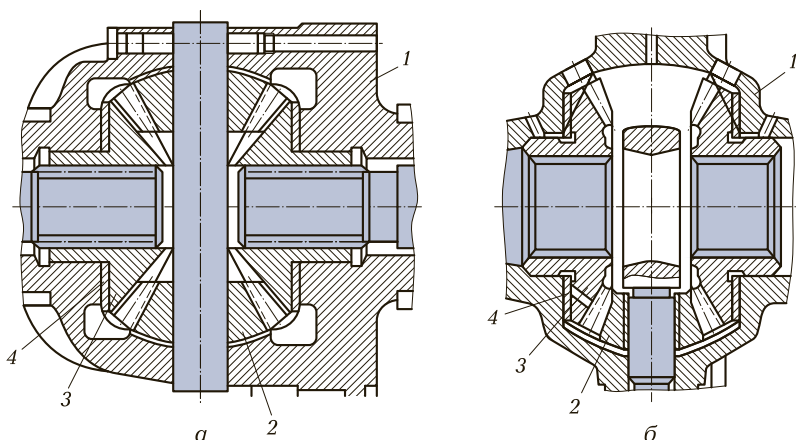


Рис. 3.13. Симметричные конические дифференциалы с двумя (а) и четырьмя (б) сателлитами:

1 — корпус; 2 — сателлиты; 3 — конические полуосевые шестерни; 4 — упорные шайбы

вильное зацепление с полуосевыми шестернями. Для уменьшения трения между корпусом дифференциала и торцевыми поверхностями всех его шестерен устанавливают упорные шайбы 4, толщина которых подбирается при сборке дифференциала на заводе. Смазка к трущимся поверхностям дифференциала поступает из картера главной передачи через окна в корпусе дифференциала. Крутящий момент передается от корпуса дифференциала на крестовину и сателлиты. Сателлиты могут рассматриваться как равноплечие рычаги. Они передают крутящий момент на полуосевые шестерни и далее через полуоси на ведущие колеса.

Дифференциалы относятся к планетарным механизмам и имеют две степени свободы, что определяет их свойства по соотношению между угловыми скоростями и крутящими моментами отдельных звеньев. У рассматриваемого дифференциала число зубьев обеих полуосевых шестерен одинаково. Поэтому сумма угловых скоростей левой ω_1 и правой ω_2 полуосевых шестерен равна удвоенной угловой скорости ω_0 корпуса дифференциала: $\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_0$, а крутящие моменты обеих полуосевых шестерен (как и моменты ведущих колес) равны при любых соотношениях их угловых скоростей. При прямолинейном движении по ровной поверхности левое и правое ведущие колеса вращаются с одинаковой угловой скоростью. Усилия на зубьях полуосевых шестерен одинаковы, са-

теллиты неподвижны на своих осях, и весь дифференциал вращается как единое целое. При повороте наружное колесо проходит больший путь, чем внутреннее, поэтому скорость его вращения (как и соответствующей полуосевой шестерни) увеличивается по сравнению с угловой скоростью внутреннего колеса. Сателлиты вращаются относительно своих осей и вместе с корпусом дифференциала, а сумма угловых скоростей полуосевых шестерен остается равной удвоенной угловой скорости корпуса дифференциала, т.е. насколько увеличивается угловая скорость одной полуосевой шестерни, настолько же уменьшается угловая скорость другой. Если одно из колес остановлено, другое вращается в два раза быстрее корпуса дифференциала. Это наблюдается в случае буксования одного из ведущих колес при неподвижном автомобиле. Если при движении автомобиля резко остановить корпус дифференциала, например, стояночным трансмиссионным тормозом, ведущие колеса могут вращаться в разном направлении, что может вызвать занос автомобиля и потерю устойчивости. Поэтому запрещается использование стояночного трансмиссионного тормоза для остановки движущегося автомобиля.

Свойство конического симметричного дифференциала распределять крутящий момент поровну между ведущими колесами является благоприятным фактором при движении автомобиля по опорной поверхности с высоким коэффициентом сцепления и относительно малым сопротивлением движению, так как оно обеспечивает хорошую управляемость и устойчивость автомобиля. Однако если одно из ведущих колес находится на скользкой поверхности, например, при трогании с места, крутящий момент на нем будет мал, так как он зависит от коэффициента сцепления, который в этом случае минимален. По свойству симметричного дифференциала такой момент будет и на другом колесе, хотя оно находится на поверхности с высоким коэффициентом сцепления. Если суммарного момента будет недостаточно для движения автомобиля, он не тронется с места — одно колесо будет буксовать, а другое будет неподвижным. Для устранения этого недостатка иногда применяют принудительную блокировку дифференциала, жестко соединяя одну из полуосей с корпусом дифференциала. В этом случае момент на каждом ведущем колесе зависит от его сцепления с опорной поверхностью. Момент, подводимый к колесу с лучшим сцеплением, увеличивается, и этим создается увеличенная суммарная сила тяги на обоих ведущих колесах, обеспечивающая трогание автомобиля с места и его движение в различных условиях.

Для повышения проходимости на некоторых автомобилях применяют **самоблокирующиеся дифференциалы**, которые обеспечивают передачу большего крутящего момента на колесо, имеющее лучшее сцепление с опорной поверхностью и вращающееся с меньшей угловой скоростью (отстающее колесо) по сравнению с колесом, находящимся на участке с недостаточными сцепными качествами и вращающимся соответственно с большей угловой скоростью (забегающее колесо). Таким образом, суммарная сила тяги обоих колес увеличивается. Отношение момента на отстающем колесе $M_{от}$ к моменту на забегающем колесе $M_{заб}$ называется коэффициентом блокировки: $k_б = M_{от}/M_{заб}$. Оптимальный коэффициент блокировки определяется отношением максимального и минимального коэффициентов сцепления, которое для наиболее характерных условий движения находится в пределах 3...5.

Из большого числа различных по принципу действия самоблокирующихся дифференциалов наибольшее распространение получили дифференциалы повышенного трения — конические и кулачковые, а также механизмы типа муфт свободного хода. Дифференциалы повышенного трения конструктивно могут быть выполнены различно: шестеренчатыми с фрикционными элементами, червячными, кулачковыми (сухарными), гидравлическими. По рабочему процессу их можно разбить на три группы: с постоянным моментом трения; с моментом трения, пропорциональным передаваемому моменту; с моментом трения, пропорциональным квадрату разности угловых скоростей выходных валов. Коэффициент блокировки дифференциала повышенного трения зависит от потерь на трение и, следовательно, связан с его КПД. Шестеренчатый дифференциал с постоянным моментом трения практически не применяется. Шестеренчатый дифференциал с моментом трения, пропорциональным передаваемому моменту (рис. 3.14), часто применяют на автомобилях высокого класса. Трение в дифференциале создается двумя дисковыми фрикционными муфтами 1 и 4. Крестовина дифференциала составлена из двух половин 2 и 3, которые могут раздвигаться при передаче момента, скользя концами шипов по наклонным поверхностям вырезов 5 в корпусе дифференциала. Чем больше передаваемый момент, тем больше раздвигаются обе части крестовины и тем большее сжимающее усилие действует на фрикционные диски.

В гидравлических дифференциалах момент трения, как правило, зависит от квадрата разности угловых скоростей ведомых валов. Применяют межколесные или межосевые конструкции (рис. 3.15), имеющие лопастный масляный насос, ротор 3 которого

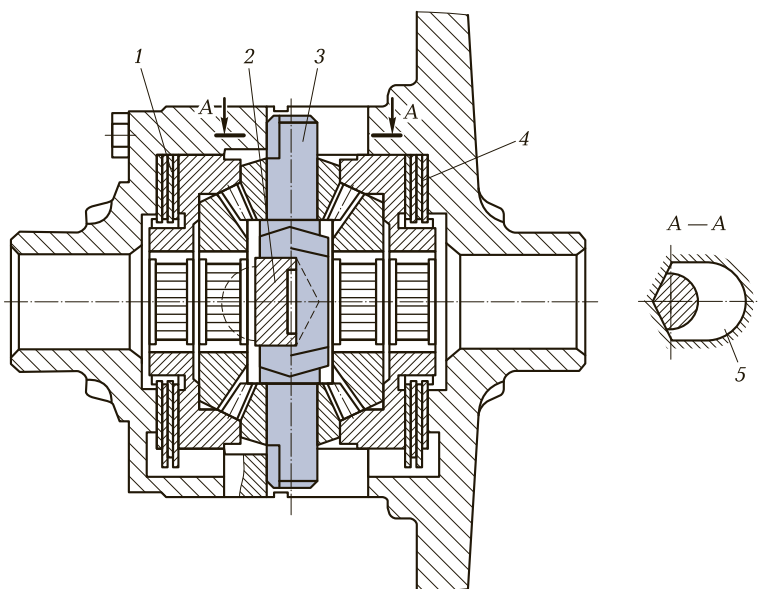


Рис. 3.14. Конический дифференциал с дисками трения:

1, 4 — фрикционные муфты; 2, 3 — половины крестовины; 5 — вырез

жестко связан с левой полуосевой шестерней, а статор 1 закреплен на корпусе дифференциала. В том случае когда полуосевые шестерни вращаются с разными угловыми скоростями, масляный насос перекачивает масло через узкий канал 4, получая питание через канал 2, чем создается сопротивление поворачиванию полуосевой шестерни. Поступление масла в полость корпуса дифференциала обеспечивается черпаками 5. Блокировка осуществляется как при движении вперед, так и назад. Гидравлическим дифференциалам этого типа присущи некоторые недостатки, ограничивающие их применение: давление, создаваемое насосом, должно быть высоким, что трудно осуществимо; гидравлическое сопротивление зависит от температуры масла.

В последнее время распространение получили простые дифференциалы с автоматической блокировкой при помощи гидромуфты с вязкой жидкостью (рис. 3.16). Этот дифференциал межосевой, размещен в раздаточной коробке. Гидромуфта включена между валами 2 и 3 приводов переднего и заднего мостов. Привод от двигателя осуществляется через коробку передач и вал 1 раздаточной коробки. С увеличением разницы угловых скоростей ва-

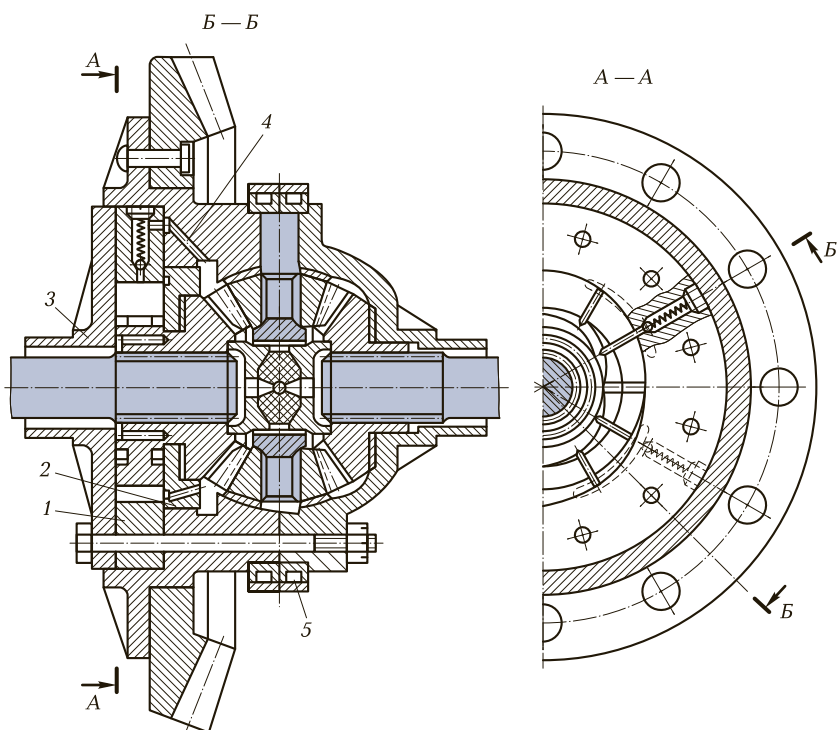


Рис. 3.15. Гидравлический дифференциал:
1 — статор; 2, 4 — каналы; 3 — ротор; 5 — черпак

лов, а также времени буксования, момент трения гидромукты увеличивается. Иногда дифференциалы этого типа называют «силиконовыми» по названию применяемой в них жидкости.

Крутящий момент от полуосевых шестерен дифференциала к ведущим колесам передается валами, называемыми полуосями. Помимо крутящего момента полуоси могут быть нагружены изгибающими моментами от сил, действующих на ведущее колесо. В зависимости от испытываемых полуосью нагрузок принято их условное деление на полуразгруженные, на три четверти разгруженные и полностью разгруженные. Полуразгруженная полуось воспринимает все усилия и моменты, действующие от дороги. На три четверти разгруженная полуось имеет внешнюю опору между ступицей колеса и балкой моста, поэтому изгибающие моменты от вертикальных, продольных и боковых реакций воспринимают одновременно и полуось, и балка моста через подшипник. Полно-

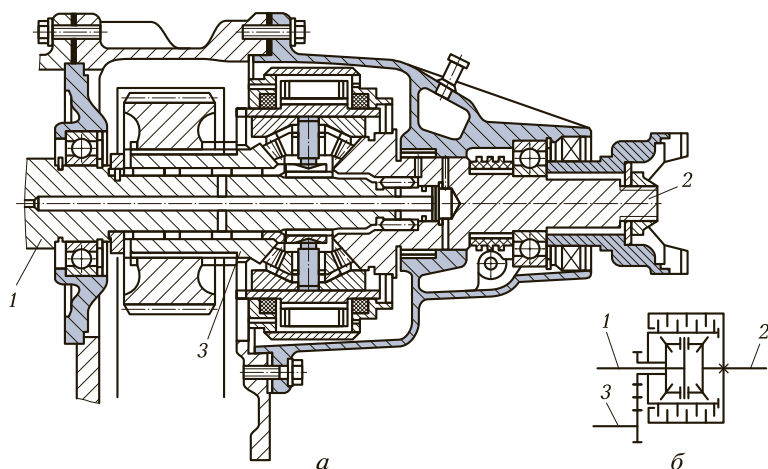


Рис. 3.16. Межосевой дифференциал с гидравлической блокирующей муфтой (а) и его кинематическая схема (б):

1 — вал раздаточной коробки; 2, 3 — валы приводов переднего и заднего мостов

стью разгруженная полуось теоретически передает только крутящий момент от дифференциалам к ведущим колесам, однако для нее возможны деформации изгиба, обусловленные деформацией балки моста, несоосностью ступицы колеса с полуосевой шестерней, перекосом и смещением шлицевых концов полуосей относительно шестерни и фланца при наличии зазоров в шлицевом соединении.

3.5. РАЗДАТОЧНАЯ КОРОБКА

Общие сведения. Раздаточная коробка служит для распределения крутящего момента между ведущими мостами. Кроме того, в раздаточной коробке может осуществляться также увеличение момента, подводимого к ведущим колесам автомобиля. Как правило, в раздаточной коробке предусмотрено устройство для включения и отключения переднего ведущего моста, а иногда от раздаточной коробки обеспечен привод дополнительных агрегатов (например, коробки отбора мощности). Для увеличения крутящего момента, подводимого к ведущим колесам (что необходимо в тяжелых условиях движения), раздаточные коробки обычно выпол-

няют двухступенчатыми, причем высшая передача имеет передаточное число, равное единице (или около единицы), а низшая (первая) передача — около двух. Наличие двух передач увеличивает число ступеней и диапазон изменения передаточного числа трансмиссии автомобиля, что повышает возможность подбора выгоднейшей передачи в соответствии с условиями движения.

Часто применяют раздаточные коробки с заблокированным приводом, когда приводы всех мостов постоянно жестко связаны друг с другом и всегда вращаются с одинаковыми угловыми скоростями. В таких раздаточных коробках обычно имеется устройство для отключения привода переднего моста, например, при движении в хороших условиях (по твердому покрытию с высоким коэффициентом сцепления), что позволяет снизить расход топлива, уменьшить нагрузки трансмиссии и износ шин. В некоторых конструкциях раздаточных коробок установлен специальный механизм — межосевой дифференциал, который распределяет крутящий момент, подводимый от двигателя к раздаточной коробке, на ведущие мосты в необходимом соотношении пропорционально сцепному весу, приходящемуся на эти мосты. Дифференциал также позволяет колесам разных ведущих мостов вращаться с неодинаковыми угловыми скоростями, что устраняет возможность их проскальзывания, уменьшает нагрузки в трансмиссии и износ шин. Применяют дифференциалы с коническими и цилиндрическими шестернями. Для повышения проходимости автомобиля межосевые дифференциалы выполняют с принудительной блокировкой, или самоблокирующиеся.

По условию получения максимально возможной тяговой силы распределение момента между мостами полноприводного автомобиля должно осуществляться пропорционально распределению вертикальных нагрузок. Для обеспечения дифференциального привода в раздаточной коробке может быть использован симметричный или несимметричный дифференциал. Симметричный дифференциал в раздаточной коробке применяют в том случае, если в полноприводном двухосном автомобиле сцепной вес делится между мостами примерно поровну.

До недавнего времени полноприводные трансмиссии применялись лишь на специальных автомобилях (военных, сельскохозяйственных и т.д.), но, начиная с конца 1970-х гг., полный привод на серийных легковых автомобилях стали использовать ведущие мировые фирмы. Развитие полноприводных трансмиссий идет по четырем основным направлениям:

- 1) принудительная блокировка дифференциалов;

2) улучшение свойств дифференциалов за счет применения автоматических блокирующих устройств;

3) применение дифференциалов повышенного трения («Торсен» и др.);

4) применение так называемого перманентного полного привода, т. е. когда подвод мощности к одному из мостов осуществляется постоянно, а ко второму — при необходимости.

Все эти направления в конечном итоге имеют задачу подвода к каждому колесу вращающего момента определенной величины соответственно условиям движения автомобиля, и управляющим воздействием при этом служит момент трения в блокирующем устройстве. Поэтому основная проблема заключается в зависимости этого момента трения от параметров движения автомобиля.

Установлено, что для дальнейшего улучшения устойчивости движения автомобиля необходимо обеспечить переменный коэффициент блокировки. Поэтому многие фирмы занимаются разработкой трансмиссий с устройствами и дифференциалами, позволяющими получать переменный коэффициент блокировки, зависящий от параметров движения автомобиля.

В настоящее время для этих целей чаще всего используют два устройства: фрикционные муфты с электронным управлением и вязкостные муфты. При компьютерном управлении учитывается целый ряд параметров движения автомобиля, но эти устройства из-за их сложности и дороговизны применяют лишь на дорогих автомобилях.

Момент трения в вязкостных муфтах обусловлен жидкостным трением и зависит от кинематического рассогласования на соответствующих элементах. Применение вязкостных муфт позволило создать так называемый перманентный привод, который позволяет обойтись без межосевого дифференциала, а в случае применения двойных вязкостных муфт — без межколесного дифференциала. Такие трансмиссии удобно создавать на базе одноприводных, что дает возможность варьировать тип привода автомобиля. Обзор конструкций позволяет выделить десять основных типов трансмиссий.

Основные типы трансмиссий. Трансмиссии с использованием дифференциала «Торсен» (Torsen) в межосевом приводе (рис. 3.17, 1) применяют на полноприводных модификациях «Ауди-80» и др. Дифференциал «Торсен» дает возможность автоматической частичной или полной блокировки межосевого привода и стабильных характеристик поворачиваемости как на сухих, так и на скользких дорогах. Основным недостатком данного дифференциала является технологическая сложность изготовления, повышенные требова-

ния к смазочным материалам, сложность получения несимметричного начального распределения вращающего момента.

Применение дифференциала «Квайф» (Quif) в межосевом и межколесном приводах (рис. 3.17, II) благоприятно влияет на проходимость и динамичность автомобиля, однако линейная характеристика дифференциала ухудшает устойчивость движения и чувствительность к управлению при больших крутящих моментах, подводимых к дифференциалам.

Использование вязкостных муфт (ВМ) для блокировки межосевого дифференциала на автомобиле «БМВ» 325jх (рис. 3.17, III) позволяет улучшить его динамические свойства и проходимость при несимметричном межосевом дифференциале, а также повысить устойчивость движения.

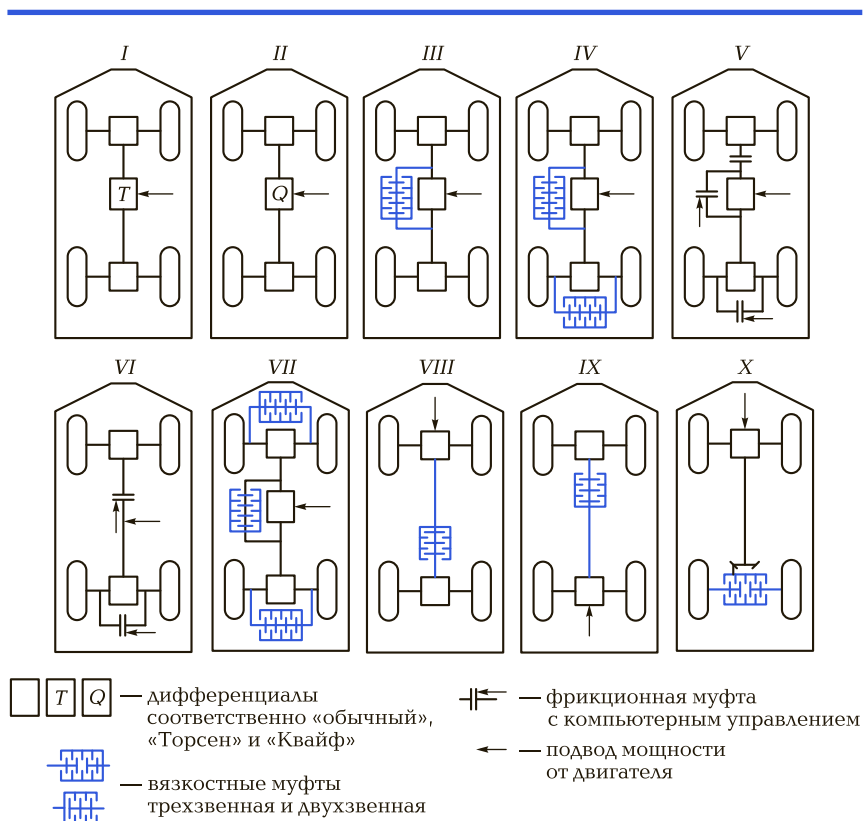


Рис. 3.17. Схемы [I–X] трансмиссий полноприводных легковых автомобилей

Дальнейшим улучшением предыдущей схемы трансмиссии стало применение ВМ для блокировки дифференциала заднего моста (рис. 3.17, IV).

В трансмиссии дорогих автомобилей применяют фрикционные муфты, управляемые с помощью бортового компьютера. На автомобиле «Порше 959» (рис. 3.17, V) вместо межосевого дифференциала используется фрикционная муфта с вариативным распределением вращающего момента по мостам, а также фрикционная муфта с электронным управлением, позволяющая частично или полностью блокировать дифференциал заднего моста.

На автомобилях «Мерседес» применена трансмиссия 4MATIC (рис. 3.17, VI), в которой задействованы три фрикционные муфты с электронным управлением: одна для отсоединения переднего моста при торможении и две для блокировки межосевого и заднего межколесного дифференциалов. Основным препятствием для использования последних двух схем трансмиссий является их высокая стоимость.

Попытка управлять распределением вращающего момента на всех колесах была сделана на автомобиле «Ниссан Пульсар». В нем используются три ВМ для блокировки всех трех дифференциалов автомобиля (рис. 3.17, VII).

Использование ВМ привело к возникновению перманентного привода, т. е. псевдопостоянного: один из ведущих мостов включается в работу только при необходимости — при наличии кинематического рассогласования между мостами («Фольксваген Гольф 4×4 синхро» и «Фольксваген Транспортер 4×4 синхро») (рис. 3.17, VIII, IX).

Развитием перманентного привода стала трансмиссия автомобиля «Хонда Сивик», в которой двухзвенная вязкостная муфта установлена вместо дифференциала заднего моста, что позволяет подводить вращающий момент индивидуально к каждому колесу (рис. 3.17, X).

Впервые в трансмиссии ВМ стала применяться в 1979 г. на автомобиле «Игл» фирмы «Америкен Моторс» для регулирования степени блокировки межосевого дифференциала. С 1984 г. ВМ стали успешно применять и для блокировки дифференциалов, и для передачи крутящего момента во всех вариантах трансмиссий, в том числе и одноприводных для блокировки межколесных дифференциалов.

Вязкостная муфта имеет герметичный цилиндрический корпус, внутри которого расположены два независимых пакета дисков (рис. 3.18). Один пакет дисков при помощи шлицов соединен с

ведущим валом муфты, а второй (также шлицами) — с корпусом. Диски пакетов чередуются друг с другом. Внутреннее пространство муфты заполняется силиконовой жидкостью. Вращающий момент передается жидкостным трением и граничным трением между дисками разноименных пакетов, т.е. вязкостная муфта похожа на обычное многодисковое сцепление, работающее в масле.

Вязкостные муфты можно классифицировать по следующим характерным признакам.

По зазору между дисками ВМ можно разделить на три принципиальных типа: с «плавающими» дисками, с гарантированным зазором между дисками и с регулируемым зазором между дисками. В ВМ с «плавающими» дисками последние не закреплены в осевом направлении, и их движение ограничивается только размерами корпуса. В ВМ с гарантированным зазором оба пакета дисков зафиксированы в осевом направлении с помощью распорных колец.

Примером ВМ с регулируемым зазором между дисками может служить конструкция ВМ, используемая в трансмиссии «Вискоматик». В этой муфте между дисками установлены тарельчатые пружины, а специальное устройство, перемещая торцевую стенку, приводит к изменению зазора между дисками.

По количеству связываемых звеньев ВМ можно разделить на двухзвенные и многозвенные.

По назначению ВМ можно разделить на три группы: управляющие, т.е. создающие повышенное трение в обычных дифферен-

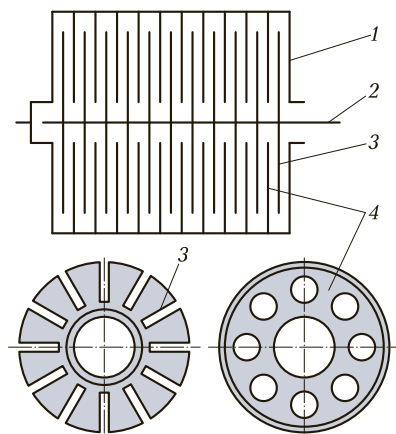


Рис. 3.18. Схема вязкостной муфты:

1 — корпус; 2 — вал; 3, 4 — соответственно внутренний и внешний диск

циалах; передающие однопоточные, т.е. подключающие один из ведущих мостов; передающие многопоточные, т.е. подключающие независимо колеса одного из мостов. Определенный интерес представляет рабочая жидкость — силиконы. Это структурно-вязкие неньютоновские жидкости, т.е. их вязкость зависит от скорости деформации, но их вязкостно-температурная характеристика значительно стабильнее, чем у минеральных масел. Силиконы практически не обладают смазочным действием, так как у них невысокая прочность масляной пленки. Коэффициент объемного расширения силиконов приблизительно равен $9,5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ в диапазоне температур 25...175 °С. Поэтому при нагреве ВМ во время работы силиконовая жидкость значительно расширяется. Например, при изменении температуры на 100 °С ее объем увеличивается приблизительно на 10 %. Наличие воздуха в рабочей жидкости позволяет корректировать рост давления внутри корпуса ВМ.

Автомобили «Ауди» имеют привод на все колеса. Для привода задних колес имеются следующие дополнительные узлы: задний дифференциал и два приводных вала. Кроме того, задняя ось заменена двойным поперечным рычагом задней подвески. Связь между приводом задних и передних колес осуществляется карданным валом. Для компенсации различных частот вращения передних колес в рассматриваемых здесь типах привода на все колеса применен дополнительный дифференциал между передними и задними колесами. В данном случае в качестве такого дифференциала применен так называемый дифференциал «Торсен» (Torsen = torque sensing — чувствительный к вращающему моменту). Этот дифференциал следит за выравниванием передних и задних колес. Дополнительно этот дифференциал выравнивает и вращающие моменты. Если одна из приводных осей начинает прокручиваться, автоматически большее усилие передается другой оси. Тем самым обеспечивается лучшая связь колес с дорогой. Ось, имеющая худшую связь с дорогой, получает меньший вращающий момент. В результате повышается надежность против бокового заноса.

Независимо от распределения вращающих моментов колесам дифференциал «Торсен» допускает различные частоты вращения на обоих концах валов. Таким образом, полноприводные автомобили, оборудованные дифференциалом «Торсен» допускают установку на них автоблокировочной системы.

Распределения вращающих моментов в дифференциале «Торсен» осуществляется через шестерни и червячные колеса. Этот дифференциал работает полностью автоматически и представляет собой чисто механическую систему без элементов гидравлики и

электронного управления. Его регулировочные характеристики определяются конструкцией червячного привода. В данном случае используют известный эффект червячной передачи, при которой передача вращения в одном направлении осуществляется свободно, а в другом — с определенными трудностями, или такая передача вообще невозможна (необратимая передача). Процесс внутренней регулировки в передаче протекает настолько быстро, что он не ощущается вообще и не приводит к каким-либо повреждениям системы.

Дифференциал «Торсен» установлен непосредственно на передней коробке передач и снабжается тем же маслом, что и сама коробка передач. В дифференциал задней оси заливают 0,75 л масла для коробок передач GL5SAE90. Смену масла не производят. Уровень масла проверяют сбоку по контрольному отверстию аналогично контролю уровня масла коробки передач.

На полноприводном автомобиле ВАЗ установлена двухступенчатая раздаточная коробка с принудительно блокируемым межосевым дифференциалом и ручным управлением. Две передачи (низшая и высшая) с передаточными числами 2,135 и 1,2 позволяют увеличить передаточные числа трансмиссии и удвоить общее число передач, что дает возможность эффективнее использовать автомобиль в различных дорожных условиях. Межосевой дифференциал обеспечивает постоянный привод переднего и заднего ведущих мостов, что повышает устойчивость автомобиля. Принудительная блокировка дифференциала повышает проходимость автомобиля. Высшую передачу в раздаточной коробке включают при движении по дорогам с твердым покрытием и хорошим сцеплением, а низшую — для преодоления крутых подъемов, при движении по мягким грунтам и для получения минимальной устойчивой скорости движения на дорогах с твердым покрытием. Блокировку дифференциала производят при преодолении труднопроходимых участков дорог. Переключение передач и блокировку дифференциала выполняют с помощью рычагов, установленных на раздаточной коробке.

3.6. КАРДАНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Карданные передачи применяют в трансмиссиях автомобилей для передачи мощности между агрегатами, валы которых не лежат на одной прямой, причем взаимное положение их может меняться в процессе движения. Карданные передачи могут иметь один или

несколько карданных шарниров, соединенных карданными валами, и промежуточные опоры. Карданные передачи применяют и для привода других механизмов, например, для связи рулевого колеса с рулевым механизмом. Агрегаты, закрепленные на раме (в частности, коробка передач и раздаточная коробка), могут перемещаться друг относительно друга в результате деформации своих опор и самой рамы, а ведущие мосты присоединены к раме через подвеску, поэтому могут перемещаться относительно рамы и закрепленных на ней агрегатов при деформации упругих элементов подвески. При этом могут изменяться не только углы наклона карданных валов, соединяющих агрегаты, но и расстояние между агрегатами.

В общем случае карданная передача состоит из карданных шарниров 2 и 5 (рис. 3.19, а), карданных валов 1, 4, 6 и компенсирующего соединения 3. Иногда карданный вал устанавливают на промежуточной опоре, прикрепленной к поперечине рамы автомобиля. Карданные шарниры обеспечивают передачу крутящего момента между валами, оси которых пересекаются под углом. Различают карданные шарниры неравных и равных угловых скоростей. Карданные шарниры **неравных угловых скоростей** делят на упругие и жесткие. Карданные шарниры **равных угловых скоростей** по конструкции бывают шариковые с делительными канавками, шариковые с делительным рычажком, кулачковые. Их размещают обычно в приводе ведущих управляемых колес, где угол между валами может достигать 45° , причем центр карданного шарнира должен совпадать с точкой пересечения оси вращения колеса и осью его поворота. Упругие карданные шарниры передают крутящий момент между валами с пересекающимися под углом $2...3^\circ$ осями в результате упругой деформации соединительных элементов.

Жесткий карданный шарнир (рис. 3.19, б) неравных угловых скоростей передает крутящий момент от одного вала к другому вследствие подвижного соединения жестких деталей. Он состоит из двух вилок 7 и 9, в цилиндрические отверстия которых установлены на подшипниках концы А, Б, В, Г соединительного элемента — крестовины 8. Вилки жестко соединены с валами 1 и 4. Вилка 9 может поворачиваться относительно оси БГ крестовины и в то же время вместе с крестовиной поворачиваться относительно оси АВ, благодаря чему и обеспечивается возможность передачи вращения от одного вала к другому при меняющемся угле между ними. Таким образом, при равномерном вращении вала 1 угловая скорость вала 2 неравномерна и изменяется по синусоидальному

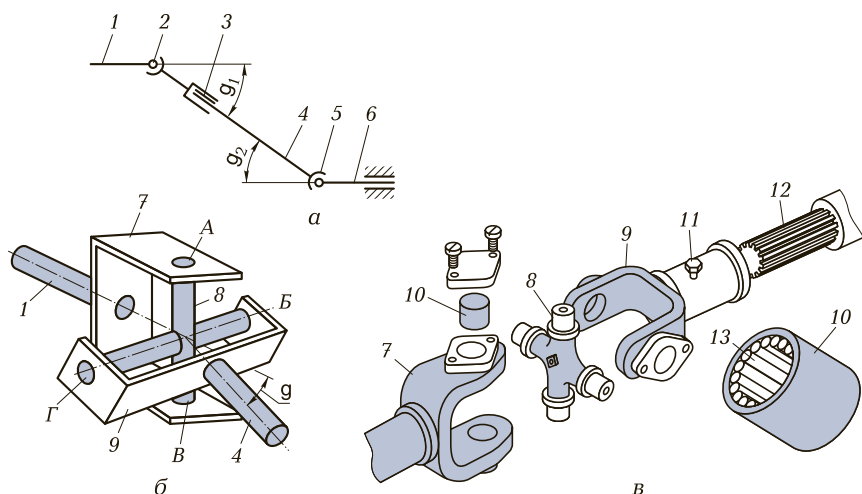


Рис. 3.19. Жесткий карданный шарнир неравных угловых скоростей:

а — кинематическая схема; *б* — общий вид; *в* — детали шарнира; 1, 4, 6 — карданные валы; 2, 5 — карданные шарниры; 3 — компенсирующее соединение; 7, 9 — вилки; 8 — крестовина; 10 — корпус подшипников; 11 — масленка; 12 — шлицевой накопчик; 13 — игольчатые подшипники; А, Б, В, Г — концы соединительных элементов; γ , γ_1 , γ_2 — углы в шарнирах

закону. Неравномерность вращения вала 4 будет тем больше, чем больше угол γ между осями валов. Если неравномерность вращения вала 4 будет передаваться на валы агрегатов, в трансмиссии возникнут дополнительные пульсирующие нагрузки, тем большие, чем больше угол γ . Чтобы неравномерность вращения вала 4 не передавалась на валы агрегатов, в карданной передаче применяют два карданных шарнира. Их устанавливают так, чтобы углы γ_1 и γ_2 (см. рис. 3.19, *а*) были равны; вилки карданных шарниров, закрепленные на неравномерно вращающемся валу 4, должны быть расположены в одной плоскости. Равномерность вращения ведомого вала может быть достигнута также применением карданного шарнира равных угловых скоростей.

Поясним принцип действия карданного шарнира равных угловых скоростей (рис. 3.20, *а*). С ведущим валом 1 соединен рычаг 2, а с ведомым валом 4 — рычаг 3. Рычаги 2 и 3 при вращении валов постоянно контактируют в точке А. При вращении валов точка А должна находиться в биссекторной плоскости. Конструктивно это условие можно обеспечить различными способами. Наибольшее распространение получили карданные шарниры равных угловых

скоростей шарикового типа. Находят применение также и другие шарниры равных угловых скоростей (рис. 3.20, б—е).

Трансмиссия полноприводной колесной машины включает в себя несколько карданных передач с карданными шарнирами неравных угловых скоростей, а также карданные передачи с карданными шарнирами равных угловых скоростей, которые устанавливают в приводе управляемых ведущих колес.

Рассмотрим устройство основных частей карданных передач. Карданный шарнир неравных угловых скоростей (см. рис. 3.19, в) состоит из двух вилок 7 и 9, соединенных крестовиной 8. Одна из вилок иногда имеет фланец, а другая приварена к трубе карданного вала или имеет шлицевой наконечник 12 (или втулку) для соединения с карданным валом. Шипы крестовины устанавливают в проушины обеих вилок на игольчатых подшипниках 13. Каждый подшипник размещается в корпусе 10 и удерживается в проушине вилки крышкой, которая присоединена к вилке двумя болтами, стопорящимися усами шайбы. В отдельных случаях подшипники закрепляют в вилках стопорными кольцами. Для удержания смазки в подшипнике и защиты его от попадания воды и грязи имеется резиновый самоподжимной сальник. Внутренняя полость крестовины через масленку заполняется смазкой, поступающей к подшипникам. В крестовине обычно имеется предохранительный клапан, защищающий сальник от повреждения под действием давления нагнетаемой в крестовину смазки. Шлицевое соединение смазывается через масленку 11. Максимальный угол между осями валов, соединенных карданными шарнирами неравных угловых скоростей, обычно не превышает 20° , так как при больших углах значительно уменьшается КПД карданных передач. Если угол между осями валов изменяется в пределах $0...2^\circ$, то шипы крестовины деформируются иглами подшипников, и карданный шарнир быстро разрушается.

Существуют карданные передачи с карданными шарнирами типа зубчатых муфт, допускающими передачу крутящего момента между валами, оси которых пересекаются под углом до $1,5...2^\circ$.

Карданные валы выполняют, как правило, трубчатыми, для чего используют специальные стальные цельнотянутые или сварные трубы. К трубам приваривают вилки карданных шарниров, шлицевые втулки или наконечники. Для уменьшения поперечных нагрузок, действующих на карданный вал, осуществляют его динамическую балансировку в сборе с карданными шарнирами. Дисбаланс устраняют приваркой к карданному валу балансировочных пластин, а иногда установкой балансировочных пластин под крышки

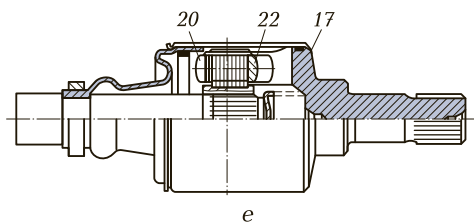
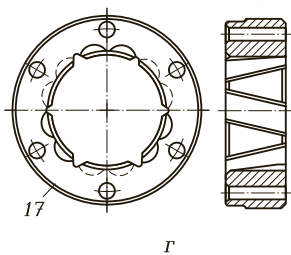
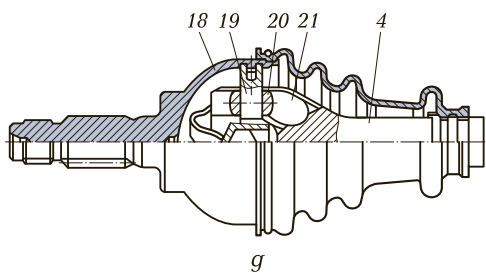
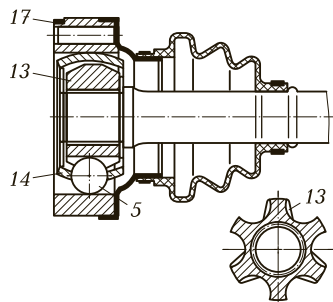
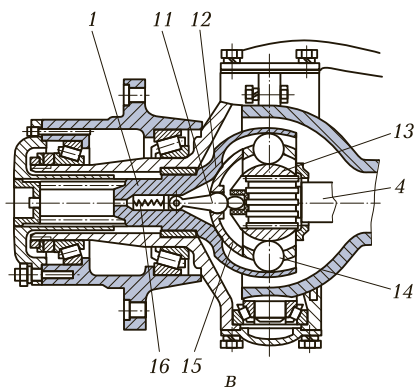
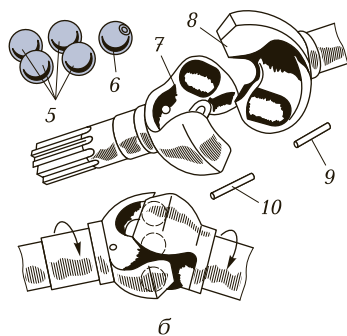
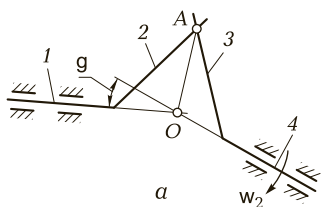


Рис. 3.20. Карданные шарниры равных угловых скоростей:

а — кинематическая схема шарнира равных угловых скоростей; б — шарнир шарикового типа с делительными канавками; в — шарнир с делительным рычажком (типа «Рцепп»); г — универсальный карданный шарнир (типа «Лебро»); д — трехшиповый жесткий карданный шарнир (типа «Трипод»); е — универсальный трехшиповый шарнир; 1 — ведущий вал; 2, 3 — рычаги; 4 — ведомый вал; 5 — боковые шарики; 6 — центральный шарик; 7, 8, 21 — вилки; 9 — стопорная шпилька; 10 — штифт; 11 — делительный рычажок; 12 — сферическая чашка; 13 — сферический кулак; 14 — сепаратор; 15 — направляющая чашка; 16 — пружина; 17 — цилиндрический корпус; 18 — сферический корпус; 19 — шипы; 20 — ролики; 22 — ступица; А — точка контакта; γ — угол между осями шарнира; ω_2 — угловая скорость ведомого вала

подшипников карданных шарниров. Взаимное положение деталей шлицевого соединения после сборки и балансировки карданной передачи на заводе обычно отмечают специальными метками.

Компенсирующее соединение карданной передачи выполняют обычно в виде шлицевого соединения, допускающего осевое перемещение деталей карданной передачи и состоящего из шлицевого наконечника, который входит в шлицевую втулку карданной передачи. Смазка в шлицевое соединение подводится через масленку или при сборке закладывают смазку, которую заменяют после длительного пробега автомобиля. Для защиты шлицевого соединения от вытекания смазки и загрязнения обычно устанавливают сальник и чехол. При большой длине карданных валов в карданных передачах обычно применяют промежуточные опоры. Промежуточная опора, как правило, представляет собой прикрепленный болтами к поперечине рамы кронштейн, в котором установлен в резиновом упругом кольце шариковый подшипник, закрытый с обеих сторон крышками с сальниками и устройством для его смазывания. Наличие упругого резинового кольца позволяет компенсировать неточности сборки и перекосы подшипника, возможные при деформациях рамы автомобиля.

Карданный шарнир равных угловых скоростей шарикового типа с делительными канавками (см. рис. 3.20, б) состоит из двух вилок, пяти шариков, штифта и стопорной шпильки. Ведущая вилка изготовлена как единое целое с полуосью, а ведомая вилка — с приводным валом колеса. В каждой вилке 7, 8 выполнено по четыре канавки, в них установлены четыре ведущих (боковых) шарика 5, через которые и передается вращение от одной вилки к другой. При любом угле между валами боковые шарики в канавках вилок устанавливаются в плоскости, делящей этот угол пополам, благодаря чему вращение от ведущего вала на ведомый передается равномерно. Центральный (пятый) шарик 6 помещается между торцами вилок и

обеспечивает их центрирование. Для возможности установки ведущих шариков в канавки вилок центральный шарик имеет лыску с отверстием, которым он при сборке карданного шарнира устанавливается против вставляемого бокового шарика. После сборки карданного шарнира центральный шарик фиксируется в определенном положении штифтом 10, закрепляемым стопорной шпилькой 9 в отверстии ведомой вилки. Карданные шарниры такой конструкции могут работать при углах между валами до $30 \dots 35^\circ$. Их недостатком является необходимость точной фиксации валов в осевом направлении, а также высокие давления на контактных поверхностях, что снижает их долговечность и ограничивает применение.

В некоторых случаях осевое перемещение, компенсирующее изменение длины карданного вала, предпочтительней обеспечивать не шлицевым соединением, а непосредственно конструкцией карданного шарнира — такой шарнир называется универсальным. В отверстие конца вала запрессован пустотелый палец, на который посажены на игольчатых подшипниках два сферических ролика. В отверстия пальца вставлены центрирующие заглушки со сферической поверхностью. В корпусе шарнира выполнено два паза цилиндрического сечения такого же радиуса, как и радиус ролика. При вращении под углом пустотелый палец имеет возможность, кроме вращения вокруг своей оси, наклоняться и скользить на сферических роликах по пазам. В таком шарнире осевое перемещение сопровождается значительно меньшими потерями на трение, чем в шлицевом соединении.

Упругий полукарданный шарнир допускает передачу крутящего момента от одного вала к другому, расположенному под некоторым углом, благодаря деформации упругого звена, связывающего оба вала.

Упругое звено может быть резиновым, резинотканевым или резиновым, усиленным стальным тросом. В последнем случае полукарданный шарнир может передавать значительный крутящий момент и под несколько большим углом, чем в первых двух случаях. Достоинства полукарданного шарнира: снижение динамических нагрузок в трансмиссии при резких изменениях частоты вращения (например, при резком включении сцепления); отсутствие необходимости обслуживания в процессе эксплуатации. Благодаря эластичности такой шарнир допускает небольшое осевое перемещение кардана. Упругий полукарданный шарнир должен центрироваться, иначе балансировка карданного вала может нарушиться.

Рассмотрим более подробно конструктивные особенности карданных шарниров равных угловых скоростей.

Шестишариковый карданный шарнир с делительным рычажком (типа «Рцепп», см. рис. 3.20, в) состоит из сферического кулака 13, закрепленного на шлицах вала 4, и сферической чашки 12, связанной с другим валом 1. На кулаке и на внутренней стороне чашки выфрезеровано по шесть меридиональных канавок полукруглого сечения. Канавки выполнены из одного центра. В канавках размещено шесть шариков, которые связаны сепаратором 14. При наклоне валов шарики устанавливаются в биссекторной плоскости при помощи делительного рычажка 11, который поворачивает направляющую чашку 15, а вместе с ней и сепаратор. Пружина 16 служит для поджатия делительного рычажка к гнезду в торце вала 4 при изменении положения рычажка в результате наклона валов. Точность установки шариков в биссекторной плоскости зависит от подбора плеч делительного рычажка.

Карданный шарнир с делительным рычажком допускает максимальный угол $\gamma = 37^\circ$. Так как усилие в этом шарнире передается шестью шариками, он обеспечивает передачу большого крутящего момента при малых размерах. Распорные нагрузки отсутствуют в шарнире, если центр последнего совпадает с осью шкворня. Шарнир обладает большой надежностью, высоким КПД, однако технологически сложен: все детали его приводится подвергать токарной и фрезерной обработке с соблюдением строгих допусков, обеспечивающих передачу усилий всеми шариками. По этой причине стоимость шарнира высокая.

Конструкции шестишариковых карданных шарниров равных угловых скоростей разнообразны. В частности, шестишариковый карданный шарнир с делительными канавками (типа «Бирфильд») задействован в карданной передаче передних управляемых и ведущих колес некоторых отечественных автомобилей (ВАЗ) на наружном конце карданного вала. При этом на внутреннем конце карданного вала должен размещаться карданный шарнир, позволяющий компенсировать изменение длины карданного вала при деформации рессор.

Универсальный шестишариковый карданный шарнир (типа ГКН) установлен на внутреннем конце карданного вала переднеприводных автомобилей ВАЗ. Осевое перемещение происходит по продольным канавкам корпуса, причем перемещение карданного вала равно рабочей длине канавок корпуса, что влияет на размеры шарнира. При осевых перемещениях шарики не перекатываются, а скользят, что снижает КПД шарнира. При передаче больших крутящих моментов используют восьмишариковый шарнир этого типа.

Универсальный шестишариковый карданный шарнир с декоративными канавками (типа «Леб्रो», см. рис. 3.20, г) состоит из цилиндрического корпуса 17, на внутренней поверхности которого под углом (примерно $15...16^\circ$) к образующей цилиндра нарезаны шесть прямых канавок, расположенных в порядке, показанном на рисунке; сферического кулака 13 (на его поверхности нарезано также шесть прямых канавок); сепаратора 14 с шариками 5, центрируемыми наружной сферической поверхностью по внутренней цилиндрической поверхности корпуса 17. Внутренней сферической поверхностью шарики устанавливаются с некоторым зазором на кулаке 13. Шарики попадают в пересечения канавок, чем обеспечивается синхронность вращения валов, так как шарики, независимо от угла между валами, всегда находятся в биссекторной плоскости.

Этот шарнир имеет меньшие размеры, чем шарниры других типов, так как рабочая длина канавок и ход шариков в 2 раза меньше хода вала. Имеются и другие достоинства: сепаратор не выполняет функции деления угла между валами, он менее нагружен, а поэтому требования к точности его изготовления ниже; наличие фланцевого разъема шарнира обеспечивает удобство монтажа, хотя конструкция его при этом усложняется, что несколько компенсирует упрощение протяжки канавок корпуса. К точности расположения канавок предъявляются высокие требования. Шарнир имеет высокий КПД (примерно 0,99 при $\gamma = 10^\circ$) и применяется на переднеприводных автомобилях.

Трехшиповой карданный шарнир (типа «Трипод») находит применение на легковых и грузовых автомобилях малой грузоподъемности. Конструктивно такие шарниры имеют два исполнения: шарниры, позволяющие передавать момент при углах между валами до 43° , но не допускающие осевых перемещений (жесткие шарниры), и универсальные шарниры, допускающие осевую компенсацию, но работающие при сравнительно небольших углах между валами.

В жестком шарнире (см. рис. 3.20, г) шипы 19, расположенные под углом 120° , закреплены в корпусе 18. Ролики 20 с шаровой поверхностью установлены на шипах и могут свободно на них поворачиваться. Вилка 21, выполненная вместе с валом 4, имеет три паза цилиндрического сечения. Поверхность вилки сферическая, что обеспечивает получение большого угла между валами. Так как принцип работы жесткого и универсального шарниров одинаков, ограничимся более подробным рассмотрением лишь универсального шарнира.

Универсальный трехшиповой шарнир (см. рис. 3.20, е) состоит из цилиндрического корпуса 18, выполненного как единое целое с валом, в котором имеются три продольных паза, ступицы 22 с тремя шипами, закрепленной на внутреннем конце карданного вала, трех роликов 20 на игольчатых подшипниках. Шипы, как и пазы, расположены под углом 120° один относительно другого. Ролики имеют сферическую поверхность такого же радиуса, как и цилиндрическое сечение продольных пазов. При вращении валов под углом ролики перекатываются в пазах, поворачиваясь на игольчатых подшипниках, и в то же время шипы могут перемещаться вдоль роликов подшипников, что обеспечивается кинематикой шарнира. Универсальный шарнир этого типа может использоваться, если максимальное значение угла γ не превышает 25° . Достоинством шарнира являются малые потери при осевом перемещении, так как оно обеспечивается практически только качением, что определяет высокий КПД шарнира.

3.7. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСМИССИЕЙ

В настоящее время автотранспортная техника создается с применением электронных систем, заменяющих традиционные узлы электрооборудования. Помимо контроля и управления работой силовой установки (двигателя), подвески, устройств комфорта и безопасности, электронные устройства широко используются также для управления агрегатами трансмиссии, тормозными системами и рулевыми механизмами. Командная электромагнитная или электромеханическая аппаратура в электронных системах управляет исполнительными механизмами с гидро- или пневмоприводом. Широко внедряются различные микропроцессорные системы (ЭВМ), например, для автоматического управления переключением передач. При управлении автомобилем (рис. 3.21) водитель получает информацию из окружающей среды. Ощущения субъективны, но на их основании водитель выбирает ту или иную передачу для движения. Субъективная оценка нагрузки на автомобиль не позволяет водителю с достаточной точностью оценить соответствия ей режима работы двигателя. Выбор передачи в коробке передач, обеспечивающей минимальный расход топлива в заданных условиях движения, определение оптимальных ускорения при разгоне или скорости движения при действующей нагрузке могут осуществлять исполнительные механизмы, управляемые

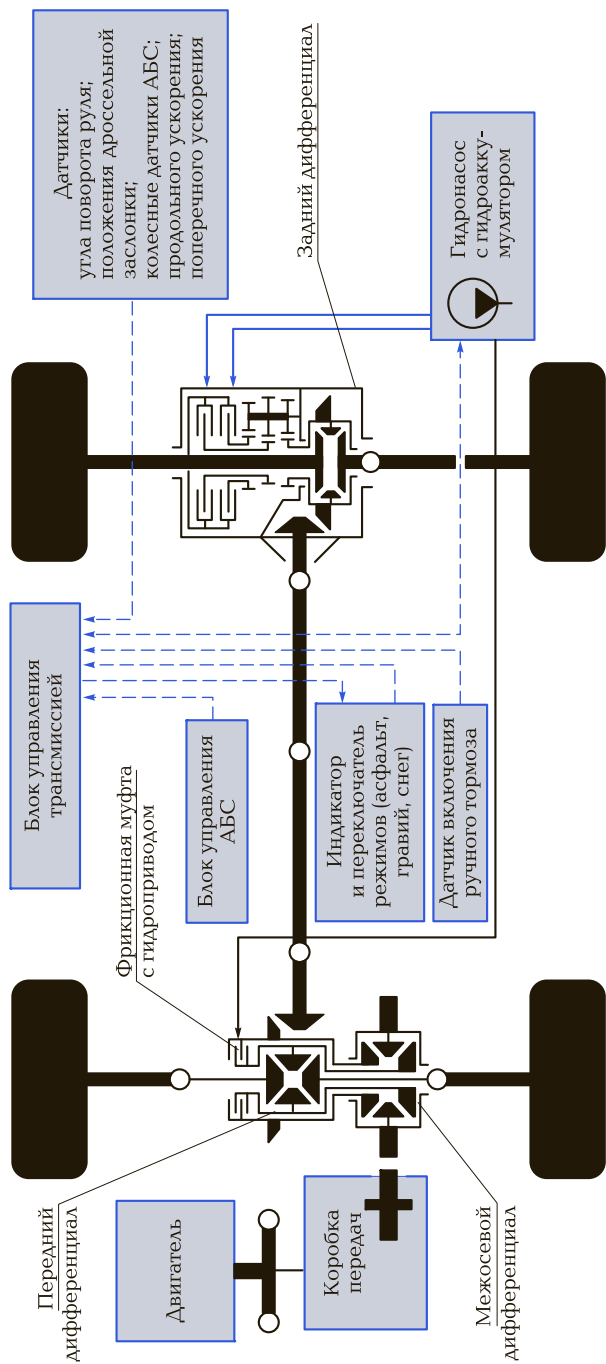


Рис. 3.22. Схема автоматизации управления трансмиссией полноприводного автомобиля

миссией микропроцессор должен формировать командные сигналы для согласования функционирования исполнительных механизмов топливоподачи, привода сцепления и переключения передач. Последнее в механической автоматизированной коробке передач невозможно без предварительного изменения топливоподачи и выключения сцепления.

В качестве привода исполнительных механизмов используют устройства гидравлические, пневматические, электромагнитные или с электродвигателями. На рис. 3.22 представлена схема автоматизации управления трансмиссией автомобиля с межосевым фрикционным дифференциалом, задним активным дифференциалом и антиблокировочной системой (АБС). Эти устройства имеют общую гидравлическую систему и управляются одним компьютером, который в процессе движения автомобиля вычисляет оптимальный коэффициент блокировки и необходимую интенсивность перераспределения вращающего момента между колесами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких основных узлов и механизмов состоит трансмиссия автомобилей с различным приводом колес?
2. Как работает механическое сцепление автомобиля?
3. В чем состоит различие между механической ступенчатой и гидромеханической коробками передач?
4. Назовите назначение главной передачи и дифференциала в трансмиссии автомобиля.
5. Объясните различие между карданными передачами равных и неравных угловых скоростей.

ХОДОВАЯ ЧАСТЬ

4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И СОСТАВ, НЕСУЩИЕ УСТРОЙСТВА

Ходовая часть легкового автомобиля представляет собой комплекс устройств, служащих для преобразования вращательного движения коленчатого вала двигателя и трансмиссии в поступательное движение автомобиля, передачи веса автомобиля на опорную поверхность и восприятия действия сил при взаимодействии колеса с дорогой.

К ходовой части автомобиля относятся несущая конструкция (рама или кузов), мосты, подвеска и колеса. Следует отметить, что несущую раму применяют в настоящее время на легковых автомобилях высокого или представительского класса (например, «Ситроен» СХ), а также некоторых полноприводных многоцелевых легковых автомобилях (внедорожниках). Большинство легковых эксплуатируемых автомобилей имеют кузов несущей конструкции.

Мост автомобиля — это силовое устройство (в большинстве случаев рамной конструкции), воспринимающее все виды усилий, действующих между колесом и кузовом. Различают ведущие мосты, в которых размещаются главная передача и дифференциал, т.е. передающие крутящий момент ведущим колесам, и мосты в виде силовых поперечных балок, к которым крепятся узлы подвески ведомых или управляемых колес.

Подвеска — это система элементов, связывающих колеса с кузовом. Подвеска обеспечивает снижение динамических нагрузок на кузов от дороги, стабилизацию положения кузова относительно дороги, устойчивость и безопасность движения автомобиля.

Колеса обеспечивают преобразование энергии двигателя в поступательное движение автомобиля за счет взаимодействия шины с поверхностью дороги.

Таким образом, ходовая часть автомобиля должна обеспечивать защиту водителя и пассажиров от внешних воздействий, надежное сцепление колес с дорогой, высокую плавность хода автомобиля, устойчивость и безопасность движения, повышение экономичности за счет снижения потерь мощности на качение колес, необходимую прочность и длительность эксплуатации автомобиля.

Несущая система автомобиля выступает основным силовым элементом, воспринимающим все нагрузки, возникающие на стоянке и при движении автомобиля. Несущие конструкции в виде рамы могут быть открытого или закрытого коробчатого профиля. В последнем случае лонжероны рамы (продольные балки) сваривают из двух тонкостенных балок открытого профиля швеллерного типа.

Как правило, автомобили с несущей рамой значительно дороже автомобилей с несущим кузовом и имеют большую массу. На таких автомобилях для изоляции кузова от внешних шумов, обусловленных взаимодействием колеса с дорогой и работой подвески, между рамой и кузовом устанавливаются специальные резиновые прокладки.

Уменьшение загруженности кузова обеспечивается установкой подвески в районе средней части двигателя и в зоне заднего сиденья перед багажным отделением. В этих зонах нагрузка от подвески на кузов передается либо через специальные поперечины, либо через силовые поперечные тоннели, являющиеся частью корпуса кузова легкового автомобиля. Несущая поперечина, к которой крепится подвеска, применяется на таких автомобилях, как «Опель», «Рено» и др. Например, поперечина передней подвески автомобиля «Рено 11» имеет вид небольшой рамы, состоящей из двух поперечных и двух продольных балок открытого профиля, а силовой узел задней подвески представлен трубчатой поперечиной, по обеим сторонам которой установлены торсионные упругие элементы. На «Рено 18» передняя поперечина является дополнительно опорой для реечного рулевого механизма, а для размещения задней зависимой подвески в кузове выполнен поперечный тоннель.

Подвеска — наиболее сложный элемент ходовой части автомобиля. Конструктивные особенности всего многообразия подвесок рассмотрены ниже.

4.2. ПОДВЕСКА

4.2.1. Общее устройство

Подвеска представляет собой устройство, соединяющее колеса с кузовом автомобиля и преобразующее воздействие дороги на автомобиль таким образом, чтобы обеспечить наибольший комфорт водителю и пассажирам, а также создать надежное сцепление колес с поверхностью дороги, способствующее улучшению тягово-скоростной и тормозной характеристик, управляемости, устойчивости и безопасности движения автомобиля в различных дорожных условиях.

Подвеска легкового автомобиля состоит из ряда узлов, основные из которых выполняют направляющие, упругие и демпфирующие (гасящие колебания) функции. Конструкция подвески зависит от положения колес (передние или задние) и их назначения: ведущие, ведомые и управляемые. По типу направляющих устройств подвески делятся на зависимые и независимые.

Зависимые подвески обеспечивают жесткую связь между правым и левым колесами с помощью поперечной балки-моста. Зависимые подвески на легковых автомобилях применяют в основном на задних колесах. На передних колесах зависимая подвеска может быть использована только на полноприводных легковых автомобилях многоцелевого назначения. Зависимая подвеска уменьшает полезный объем кузова и усложняет компоновку некоторых элементов в нем. Следует отметить, что в конструкции легковых автомобилей наблюдается тенденция вытеснения зависимой подвески независимой и на автомобилях с ведущими задними колесами. К недостаткам зависимой подвески следует отнести дополнительно к отмеченным следующие: большая масса заднего моста особенно у автомобилей с задними ведущими колесами; склонность к поперечному смещению автомобиля на поворотах; малая рессорная база, способствующая увеличению поперечного крена кузова; перераспределение нагрузок на ведущих колесах при действии тягового момента; возможность поворота моста относительно продольной оси автомобиля в горизонтальной плоскости при прямолинейном движении, способствующая тем самым увеличению износа шин, а при повороте — недостаточной поворачиваемости. Однако зависимая подвеска имеет и преимущества: в частности, простота и экономичность изготовления; неизменность колеи, схождения и развала колес, что снижает износ шин;

возможность увеличения центра крена на автомобилях с передними ведущими колесами, что целесообразно для улучшения эксплуатационных свойств таких автомобилей.

Совершенствование элементов подвески позволило значительно улучшить эксплуатационные свойства таких автомобилей, как «Вольво»-760, «Мазда», «Тойота Королла» и др., скорость движения которых достигает более 180 км/ч, несмотря на зависимую подвеску колес.

Независимая подвеска позволяет обеспечить высокую безопасность движения автомобиля при значительном росте разгонных, скоростных и тормозных характеристик, что обуславливает ее широкое применение. Достоинства независимой подвески: отсутствие взаимного влияния колес правой и левой сторон автомобиля; небольшая масса и компактность; обеспечение желательной кинематики колес; понижение оси крена кузова, что обеспечивает большую устойчивость на поворотах. Однако характер крена и положение колес при этом способствует увеличению углов увода, отрицательно влияющих на траекторию автомобиля при повороте. Учитывая широкое использование независимой подвески на легковых автомобилях, достоинства и недостатки этих подвесок будут рассмотрены при анализе конструкций дополнительно.

Совершенствование конструкции легкового автомобиля привело к разработке **регулируемых подвесок**. В настоящее время регулируемые подвески применяют на серийно выпускаемых автомобилях среднего и высокого класса фирмы «Ситроен». Регулируемые подвески обладают по сравнению с обычными значительными преимуществами. Плавность хода и комфортабельность движения автомобиля существенно зависят от дорожных и климатических условий. Для обеспечения высокой плавности хода в различных дорожных условиях, т.е. минимальной передачи динамических нагрузок от дороги на кузов, необходимо изменять характеристику подвески (передаточную функцию) в зависимости от состояния дороги. Такое изменение характеристики подвески можно осуществить регулированием жесткости и демпфирования упругих и гасящих колебания устройств подвески.

Большое значение в обеспечении требуемых тягово-скоростных качеств, экономичности автомобиля, устойчивости и соответственно безопасности имеет изменение нагрузки на подвеску, обусловленной массой нагруженного и порожнего автомобиля. Поэтому в зависимости от загрузки автомобиля для сохранения заданных эксплуатационных характеристик необходимо проводить регулировку характеристик подвески.

Для безопасности движения автомобиля с большими скоростями требуется обеспечить повышение устойчивости и управляемости. Эти качества можно повысить путем понижения центра массы автомобиля с одновременным увеличением жесткости подвески. Возможность переезда автомобилем различных препятствий требует в отдельных случаях изменения положения кузова относительно поверхности дороги, подъем и опускание кузова необходимы и при проведении монтажа (демонтажа) колес в дорожных условиях, а также при проведении технического обслуживания или ремонтных работ. Регулируемые подвески позволяют стабилизировать или принудительно изменить положение кузова относительно поверхности дороги.

4.2.2. Направляющее и упругое устройства подвески

Направляющее устройство. Подвески автомобилей классифицируют по конструкции (или типам) направляющих устройств и упругих элементов. Направляющие устройства служат для восприятия и передачи тяговых, тормозных и поперечных сил, возникающих при повороте, от колес к кузову. Конструкция направляющего устройства влияет на характер изменения положения кузова и колес автомобиля при движении. Упругие элементы в подвеске служат основными преобразователями динамических нагрузок, передающихся через колеса от дороги к кузову. Наибольшим эффектом снижения динамических нагрузок обладают «мягкие» подвески, имеющие упругие элементы с небольшой жесткостью. Такие подвески могут обеспечить низкие частоты колебаний кузова (не более 1 Гц), создающие наибольший комфорт при движении автомобиля, так как позволяют изолировать кузов от воздействия сил, возникающих при взаимодействии колес с неровностями дороги.

Направляющее устройство подвески определяет кинематику колес по отношению к кузову и дороге, оказывающую значительное влияние на эксплуатационные свойства автомобиля. Поэтому существует большое разнообразие конструкций направляющих устройств. Направляющее устройство представляет собой совокупность рычагов различной конструкции, штанг и шарниров, связывающих колесо с кузовом и обеспечивающих передачу сил и моментов. Для передачи осевых сил применяют, как правило, простые штанги с шарнирными опорами, исключаящими изгибающие нагрузки. Примером таких штанг могут служить продольные

штанги подвески ведущих колес заднеприводных автомобилей ВАЗ, «Мазда», «Мерседес» и др., и поперечные, например тяга Панара, воспринимающая поперечные силы в зависимых подвесках. Профиль сечения таких штанг может быть различным, в любом случае он должен обеспечивать высокое сопротивление продольному изгибу. Наибольшее применение нашли штанги круглого сечения.

В независимых подвесках, где необходима передача усилий в поперечном и продольном направлениях, используют рычаги треугольной или серповидной формы, устойчивые к продольным силам и обладающие прочностью на изгиб от продольных и поперечных нагрузок. Рычаги изготавливают штамповкой или поковкой из стали или алюминиевых сплавов. В ряде случаев применяют литые и сварные конструкции. Из алюминиевого сплава изготовлены поперечные рычаги автомобилей «Порше», «БМВ» и др.

Рычаги направляющего устройства подвески соединяются с колесом и кузовом с помощью шаровых шарниров и втулок. Шарниры могут быть направляющими и несущими. Например, в независимой подвеске на поперечных рычагах на нижний рычаг опирается упругий элемент. Шаровой шарнир такого рычага воспринимает силы, действующие в различных направлениях, следовательно, шарнир должен быть несущим. Шарнир на верхних рычагах не воспринимает вертикальные силы, а передает в основном поперечные. В этом случае применяют направляющий шарнир. На рис. 4.1 показаны несущие шаровые шарниры и направляющий шарнир, используемые в подвесках автомобилей. Следует отметить, что аналогичные шарниры применяют и на рулевых тягах. Шарниры имеют цилиндрический или конусный (1:10) направляющий хвостовик 1, шаровая головка 3 охвачена пластмассовым (из ацетиловой смолы) вкладышем 4, защитный чехол 5 заполнен специальной смазкой 2. Такие шарниры обладают хорошей герметичностью от попадания грязи и практически не требуют обслуживания. Обращает на себя внимание несущий шарнир (рис. 4.1, б), имеющий дополнительную шумоизоляцию в виде упругих резиновых вкладышей, используемый на автомобилях «Мерседес» для изоляции шумов от качения радиальных шин. Опорные узлы направляющего устройства подвески должны иметь небольшое трение, быть достаточно жесткими и обладать шумопоглощающими свойствами. Для обеспечения этих требований в конструкцию опорных элементов вводят резиновые или пластмассовые вкладыши. В качестве материалов вкладышей применяют такие, которые не требуют обслуживания в процессе эксплуата-

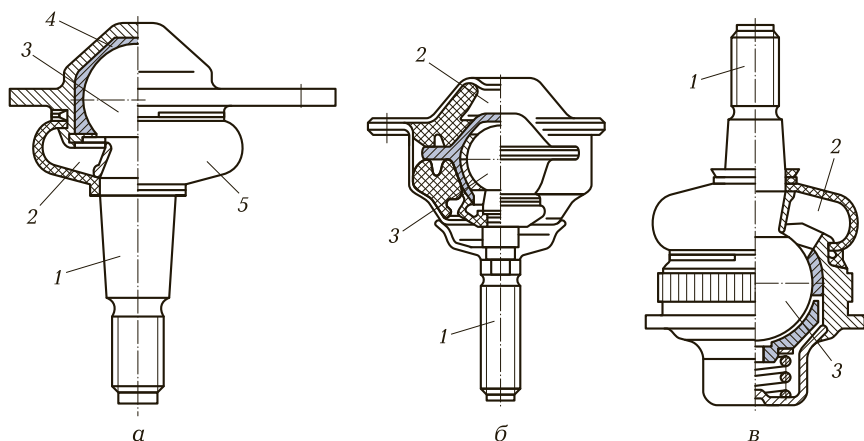


Рис. 4.1. Несущие и направляющие шаровые шарниры направляющего устройства подвески:

а — прямой несущий шарнир с цельным пластмассовым вкладышем; *б* — несущий шарнир с дополнительной шумоизоляцией (используется для восприятия тормозных сил на нижних рычагах передней подвески); *в* — направляющий шарнир с поджатием нижней половины вкладыша к сферической головке; 1 — хвостовик; 2 — смазка; 3 — шаровая головка; 4 — вкладыш; 5 — защитный чехол

ции, например, полиуретан, полиамид, тефлон и др. Использование резиновых вкладышей во втулках обеспечивает хорошую шумоизоляцию, эластичность при кручении и упругое смещение под нагрузкой.

Наибольшее распространение в опорных элементах получили сайлент-блоки, состоящие из резиновой цилиндрической втулки, запрессованной с большим обжатием между наружной и внутренней металлическими втулками. Эти втулки допускают углы закручивания $\beta = \pm 15^\circ$ и перекос до 8° (рис. 4.2, *а*). Втулка, применяемая на автомобиле «БМВ»-528i (рис. 4.2, *б*), изготовлена методом вулканизации резины между двумя стальными втулками, обладает хорошими шумопоглощающими свойствами и достаточной жесткостью. Втулка, изображенная на рис. 4.2, *в*, нашла широкое применение в поперечных тягах и амортизаторах.

На поперечных рычагах автомобилей «Мерседес» и «Фольксваген» установлены так называемые скользящие опоры, в которых промежуточная втулка может скользить по внутренней, обеспечивая малую жесткость при кручении (деформация не превышает 0,5 мм при боковой силе 5 кН). Для обеспечения поглощения шумов на автомобилях «БМВ» пятой серии используют резиновые

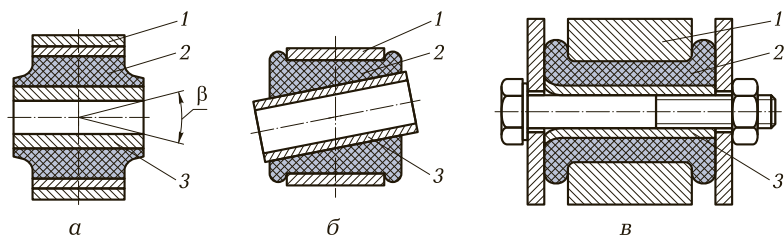


Рис. 4.2. Опорные втулки элементов подвески:

а — сайлент-блок; *б* — сайлент-блок качающейся опоры автомобиля «БМВ»; *в* — шарнирная втулка, применяемая в тягах Панара и амортизаторах; 1, 3 — соответственно наружная и внутренняя металлическая втулка; 2 — резиновая втулка; β — угол закручивания

опоры, запрессовываемые в поперечину задней подвески с обеих сторон, которые имеют различную жесткость в зависимости от направления деформации. В передней подвеске автомобилей «Хонда Прелюд» и «Форд Фиеста» применена комбинированная втулка из полиуретана, пластмассы и стальных шайб, обеспечивающих в зависимости от направления действия сил различные жесткостные характеристики. На некоторых переднеприводных автомобилях используют цельную фигурную резиновую втулку в поперечных рычагах, которая в зависимости от направления сил сопротивления качению имеет различную жесткость при необходимой эластичности в боковом и вертикальном направлениях.

Упругое устройство. В подвеске упругое устройство создает необходимый частотный диапазон колебаний поддрессоренной части автомобиля, т.е. оказывает основное влияние на передаточную функцию подвески — смягчение воздействия дорожных неровностей на кузов. Чем ниже собственная частота колебаний автомобиля, тем выше плавность хода и, соответственно, меньше воздействие дороги на автомобиль и пассажиров.

Основной характеристикой упругого элемента является жесткость (отношение нагрузки, действующей на упругий элемент, к его деформации или прогибу, которые она вызывает), т.е. упругое сопротивление материала различным видам нагрузок. Упругая характеристика подвески может быть линейной (жесткость постоянная) и нелинейной (жесткость зависит от деформации). При постоянной жесткости упругого элемента собственная частота колебаний поддрессоренной части зависит от изменения нагрузки, т.е. высокая плавность хода может быть достигнута только для автомобиля определенной массы. При нелинейной жесткости упругой

характеристики конструкции подвески можно построить таким образом, чтобы жесткость изменялась пропорционально изменению нагрузки, обеспечивая постоянство собственной частоты колебаний, независимо от изменения поддрессоренной массы.

Упругое устройство подвесок различают по конструкции и материалу, из которого они изготовлены. Необходимыми свойствами в наибольшей мере обладают металлы, резина, некоторые пластмассы и газы, нашедшие широкое применение в конструкциях упругих элементов.

Наилучшим видом упругой характеристики является прогрессивная характеристика, обладающая определенной жесткостью в средней части (зоне создания колебаний кузова, обеспечивающих наибольший комфорт при движении автомобиля) и большой жесткостью в крайних положениях направляющего устройства подвески при сжатии и отбое для исключения жесткого удара. Поэтому в подвесках используют комбинацию упругих элементов, каждый из которых выполняет свою определенную функцию. Как правило, в состав упругих элементов входят основные упругие элементы, воспринимающие вертикальную нагрузку, создаваемую массой автомобиля; дополнительные упругие элементы, обеспечивающие увеличение жесткости основного упругого элемента и ограничивающие ход подвески, исключая жесткий удар; стабилизатор, обеспечивающий увеличение жесткости основного упругого элемента при поперечно-угловых колебаниях и наклонах кузова при поворотах автомобиля.

Металлические упругие элементы имеют линейную упругую характеристику и изготовлены из специальных сталей, обладающих высокой прочностью при больших деформациях. К таким упругим элементам относятся листовые рессоры, торсионы и пружины. Листовые рессоры на современных легковых автомобилях практически не применяют, за исключением некоторых моделей автомобилей многоцелевого назначения. Можно только отметить, что модели легковых автомобилей, выпускавшиеся ранее с листовыми рессорами в подвеске, продолжают эксплуатироваться и в настоящее время. Продольные листовые рессоры устанавливались в зависимой подвеске колес и выполняли функцию упругого и направляющего устройств. Использовались как многолистовые, так и однолистовые рессоры. У многолистовых рессор при деформации возникает межлистовое трение, способствующее передаче на кузов вибраций от колес и приводящее к блокировке рессор при малых перемещениях, т.е. таким образом снижалась плавность хода автомобиля. Применение однолистовых рессор вызывало

свои проблемы, особенно в вопросах крепления опорных узлов. Как правило, подвески с листовыми рессорами имели большую массу и некоторые недостатки кинематического плана, затрудняющие использование этих упругих элементов на высокоскоростных автомобилях. Однако простота конструкции и технологии изготовления листовых рессор и, соответственно, низкая стоимость обеспечивают их широкое применение на современных внедорожниках и грузовых автомобилях различного класса. Следует отметить как большое достоинство высокую живучесть листовых рессор. Рессора хорошо переносит резкие удары при переезде неровностей на больших скоростях, легко приспосабливается к перегрузке автомобиля. Даже при поломке нескольких листов рессора остается работоспособной. К недостаткам листовых рессор в зависимой подвеске колес следует отнести несколько худшую управляемость и недостаточное держание дороги по сравнению с независимыми подвесками.

Пружины как упругие элементы задействованы в подвесках многих легковых автомобилей. В передней и задней подвесках применяют винтовые цилиндрические пружины с постоянными сечением прутка и шагом навивки. Такая пружина имеет линейную упругую характеристику, а необходимая прогрессивность обеспечивается дополнительными упругими элементами из полиуретанового эластомера и резиновыми буферами отбоя. На ряде автомобилей для обеспечения прогрессивной характеристики введена комбинация цилиндрических и фасонных пружин с переменной толщиной прутка. Фасонные пружины имеют прогрессивную упругую характеристику и называются «мини-блоками» за небольшие размеры по высоте. Такие фасонные пружины задействованы, например, в задней подвеске автомобилей «Фольксваген», «Ауди», «Опель» и др. Фасонные пружины имеют различные диаметры в средней части и по краям, а пружины «мини-блок» имеют и различный шаг навивки. На автомобилях «БМВ» третьей серии в задней подвеске установлена бочкообразная пружина с прогрессивной характеристикой, достигаемой за счет формы пружины и применения прутка переменного сечения. На отечественных легковых автомобилях в подвесках задействованы цилиндрические винтовые пружины с постоянным сечением прутка и постоянным шагом в сочетании с резиновыми отбойными буферами.

Торсионы, как правило круглого сечения, применяют на автомобилях в качестве упругого элемента и стабилизатора. Упругий крутящий момент передается торсионом через шлицевые или че-

тырехгранные головки, расположенные на его концах. Торсионы на автомобиле могут быть установлены как в продольном, так и в поперечном направлении. К недостаткам торсионов следует отнести их большую длину, необходимую для создания требуемой жесткости и величины рабочего хода подвески, а также высокую соосность шлицов на концах торсиона. Однако следует отметить, что торсионы имеют небольшую массу и хорошую компактность, что позволяет их успешно применять на легковых автомобилях среднего и высокого классов (например, «Рено-11», «Фиат-130», подвеска передних колес «Хонда Сивик» и др.).

Пневматические и пневмогидравлические упругие элементы еще не нашли широкого применения в подвесках легковых автомобилей. Использование газа как упругого элемента имеет большую перспективу, поскольку позволяет, как никакие другие упругие элементы, регулировать упругую характеристику подвески и величину дорожного просвета. Одним из ограничений использования таких подвесок является невысокая живучесть и герметичность применяемых эластичных оболочек, так как пока еще отсутствуют эластичные полимерные материалы, исключающие диффузию через них газа и обладающие высокой динамической прочностью. Однако пневматические упругие элементы нашли широкое применение на грузовых автомобилях и прицепах, городских автобусах и троллейбусах. Пневмогидравлические упругие элементы используются на весьма ограниченном контингенте легковых автомобилей. В настоящее время только некоторые серийные модели фирмы «Ситроен» оборудованы пневмогидравлическими упругими элементами в подвеске. Пневмогидравлические упругие элементы имеют металлическую оболочку, в которой газ сжимается поршнем через жидкость, играющую роль затвора, т.е. обеспечивающую совместно с уплотнениями подвижного поршня необходимую герметичность. Помимо фирмы «Ситроен» пневмогидравлические упругие элементы для некоторых автомобилей класса «S» изготавливает фирма «Фихтель и Закс».

Стабилизаторы на легковых автомобилях в зависимости от типа и конструкции подвески могут иметь различную форму: прямые, П-образные, дугообразные и т.п. Стабилизатор устанавливают на резиновых втулках для обеспечения упругой деформации в опорах. Как правило, стабилизаторы изготавливают из пружинной стали.

Конструкции подвесок современных автомобилей. Зависимую подвеску на легковых автомобилях устанавливают на задних колесах. Ранее на зависимых подвесках применялись продольные рессоры, выполнявшие одновременно роль и упругого, и направ-

ляющего устройств в подвеске. Однако они были вытеснены другими конструкциями упругих элементов, обеспечивающими более высокие эксплуатационные свойства автомобилю. Отличительной особенностью конструкции современных зависимых подвесок является наличие упругих элементов, передающих вертикальные нагрузки и не имеющих трения, и жестких тяг и рычагов, воспринимающих поперечные (боковые) нагрузки. В зависимых подвесках для восприятия и передачи поперечных сил использована так называемая тяга Панара, представляющая собой жесткую штангу, концы которой шарнирно крепятся: один к балке моста, другой — к кузову. Расположение этой тяги относительно оси моста и ее длина оказывают влияние на положение оси крена и характер входа автомобиля в поворот, усиливая или ослабляя недостаточную или избыточную поворачиваемость. Расположение тяги Панара сзади оси моста, по направлению движения, способствует ослаблению избыточной поворачиваемости, присущей автомобилям с задним приводом колес, а расположение перед осью способствует ослаблению недостаточной поворачиваемости, присущей переднеприводным автомобилям. Расположение тяги по оси колес практически не оказывает влияния на поворачиваемость автомобиля. Для обеспечения нейтральной поворачиваемости при действии поперечных сил на автомобиле «Опель Рекорд», например, продольные нижние рычаги подвески установлены под углом к продольной оси автомобиля, а тяга Панара — под углом к оси моста.

Рассмотрим характерную конструкцию задней зависимой подвески заднеприводного автомобиля — «классическая компоновка» (рис. 4.3). Кузов опирается на балку заднего моста через две цилиндрические пружины — упругие элементы подвески. Внутри пружин на верхних чашках закреплены буфера сжатия, ограничивающие вертикальное перемещение моста. От продольных и поперечных смещений задний мост зафиксирован четырьмя продольными (две нижние и две верхние) и одной поперечной штангами. Нижние и верхние продольные штанги воспринимают от задних колес и передают на кузов толкающие и тормозящие усилия, обеспечивая при этом вертикальное перемещение заднего моста. В подвеску установлены под углом к вертикальной оси автомобиля два амортизатора. Такое расположение амортизаторов обеспечивает дополнительно к гашению вертикальных колебаний повышение поперечной устойчивости кузова. Аналогичная установка амортизаторов принята в подвесках автомобилей «Фольксваген», «Опель», «Форд», «Фиат» и др.

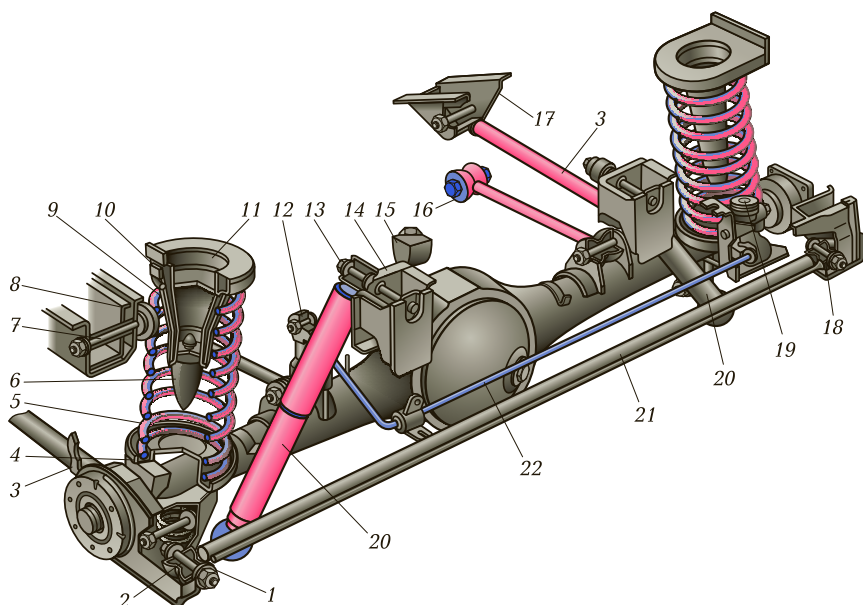


Рис. 4.3. Задняя подвеска автомобиля классической компоновки:

1 — распорная втулка; 2, 13 — резиновые втулки; 3, 16 — соответственно нижняя и верхняя толкающая штанга; 4, 10 — изолирующие прокладки; 5, 11 — опорные чашки; 6 — резиновый буфер; 7 — болт; 8, 14 — кронштейны крепления штанги и амортизатора; 9 — пружина; 12 — тяга рычага привода регулятора давления тормоза; 15 — дополнительный резиновый буфер сжатия; 17, 18 — кронштейны крепления нижней толкающей штанги и поперечной тяги к кузову; 19 — регулятор давления тормоза; 20 — амортизатор; 21 — поперечная тяга; 22 — рычаг привода регулятора давления тормозов

Для восприятия боковых сил вместо тяги Панара на ряде легковых автомобилей применен механизм Уатта. Этот же механизм используют и для обеспечения при равностороннем и разноименном ходе подвески строго перпендикулярного перемещения силовой балки моста относительно продольной оси автомобиля вне зависимости от нагрузки на оси. Механизм Уатта может располагаться как по оси несущей балки, так и перпендикулярно ей. На автомобиле «Мазда-RX7», имеющем привод на задние колеса и зависимую подвеску колес, рычаги механизма Уатта сориентированы по оси моста. Механизм расположен перед балкой моста и совместно с продольными рычагами подвески сохраняет нейтральную поворачиваемость на поворотах, обеспечивает вертикальное перемещение моста и воспринимает боковые силы. Такое услож-

нение зависимой подвески автомобиля с ведущими задними колесами позволило развивать на нем скорость до 200 км/ч.

Для обеспечения нейтральной поворачиваемости независимо от нагрузки на ось применяют подвеску ведущих колес с косыми верхними рычагами без поперечной тяги. Например, автомобиль «Форд Таунус» имеет зависимую подвеску задней ведущей оси с нижними мощными рычагами, направленными параллельно продольной оси автомобиля, и верхними рычагами с малой базой, концы которых направлены под углом и в сторону от продольной оси автомобиля.

Наиболее совершенная зависимая подвеска ведущих колес установлена на автомобиле «Вольво-740/760»: она имеет два длинных рычага, крепящихся под балкой моста, на которых размещены пружина и амортизатор. Нижние рычаги к кузову прикреплены на резиновых опорах, имеющих некоторую податливость при скручивании. Боковые силы воспринимаются поперечной тягой Панара, расположенной сзади балки моста на высоте оси колес. Тяговый и тормозной моменты воспринимаются двумя центральными штангами, расположенными рядом с главной передачей.

Зависимая задняя подвеска автомобилей с приводом на передние колеса состоит из несущей балки чаще всего открытого профиля, соединяющей оси колес, и двух или четырех продольных рычагов, шарнирно или жестко крепящихся к балке. Нижние рычаги изготовлены таким образом, чтобы на них опирались упругие элементы и амортизаторы. Боковые силы, как правило, воспринимаются тягой Панара. Примером таких подвесок могут служить отечественные и зарубежные автомобили.

Рассмотрим некоторые особенности подвесок задних колес иностранных автомобилей. Задняя зависимая подвеска автомобиля «СААБ-900» имеет силовую балку, к которой шарнирно прикреплены продольные (верхний и нижний) рычаги, образующие механизм Уатта. Над силовой балкой расположена тяга Панара, воспринимающая поперечные нагрузки и практически не влияющая на поворачиваемость автомобиля; она, кроме того, повышает центр крена, что эффективно для переднеприводных автомобилей. Недостаток такой схемы подвески — смещение положения центра продольного крена при изменении нагрузки: при малой нагрузке центр крена расположен перед осью колес, а при полной нагрузке — сзади оси. Такое изменение положения центра продольного крена приводит к «клевку» автомобиля при торможении. На автомобиле «Форд Фиеста» тормозные и тяговые силы воспринимаются двумя нижними продольными рычагами на балке и кронштейнами, закрепленными

на усиленных штоках амортизаторов и через резиновые втулки связанными с кузовом. Пружинные упругие элементы расположены на силовой балке, а кронштейны крепления амортизаторов вынесены назад по отношению к оси балки. Такая конструкция подвески обеспечивает разгрузку средней части балки от скручивающих сил при разгоне и торможении. На некоторых моделях автомобилей «Рено» и «Мерседес» имеются два нижних продольных рычага и один верхний треугольный рычаг, закрепленный на балке с возможностью поворота и углового перекаса. Такая схема обеспечивает прямолинейное перемещение задней оси без бокового смещения и уменьшение крена кузова на повороте.

На автомобилях «Ауди-100», «Мицубиси Галант», «Тойота Старлет» и др. применена подвеска задних ведомых колес с двумя продольными рычагами, работающими на изгиб (рис. 4.4). Через ши-

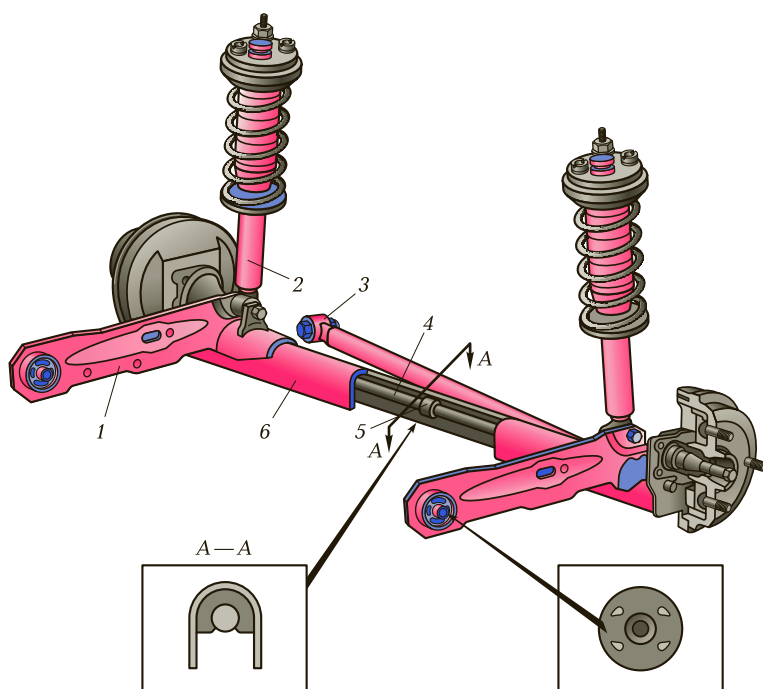


Рис. 4.4. Задняя независимая подвеска переднеприводного автомобиля «Мицубиси Галант» со скручиваемой поперечной балкой:

1 — продольный рычаг; 2 — амортизатор с пружиной; 3 — поперечная тяга; 4 — стабилизатор; 5 — резиновая втулка; 6 — несущая балка подвески

роко разнесенные продольные рычаги 1, жестко связанные с поперечной балкой 6, передается тяговый тормозной момент, и за счет восприятия рычагами изгибающего момента поперечной балкой и скручивающих нагрузок уменьшается продольный и поперечный крены кузова. Такая подвеска задействована и на автомобилях «Рэйндж-Ровер» и «Мерседес», в первом случае в передней подвеске, во втором — в передней и задней подвесках полноприводных автомобилей.

В подвеске «Ауди-100» амортизаторы совмещены с пружинами и закреплены в точках, смещенных к центру колеса, располагаясь под углом к вертикальной оси. Это позволяет эффективно противодействовать поперечным колебаниям. На «Ауди-80» поперечная тяга расположена косо перед поперечной скручивающейся балкой с креплением одного конца совместно с концом правого продольного рычага. При такой конструкции подвески происходит компенсация недостаточной поворачиваемости, вызываемой креплением продольных рычагов к кузову через резиновые шарнирные опоры.

На автомобиле с ведущими передними колесами «Хонда Сивик» поперечная тяга расположена по оси колес. При этом продольные рычаги установлены под углом к продольной оси автомобиля. Пружина и амортизатор совмещены и закреплены в зоне оси колес. Такая сложная конструкция подвески исключает влияние боковых сил на поворачиваемость автомобиля, обеспечивая эффективную стабилизацию положения кузова на повороте при поперечных колебаниях и торможении.

Широкое распространение на легковых автомобилях получила конструкция подвески (в ряде случаев ее называют полузависимой) со связанными продольными рычагами. Простейшим вариантом такой конструкции может служить подвеска задних колес переднеприводных автомобилей семейства ВАЗ и др. Такая подвеска в переднеприводных автомобилях обеспечивает легкость компоновки всех элементов подвески, небольшое количество деталей (малодетальность), отсутствие направляющих рычагов и штанг, оптимальное передаточное отношение от кузова к упругому устройству подвески, исключение стабилизатора, высокую стабилизацию схода и колеи при разных ходах подвески, благоприятное расположение центров крена, уменьшающих возможность «клевка» кузова при торможении.

Рассмотрим конструкцию задней подвески со связанными продольными рычагами как наиболее характерную для переднеприводных автомобилей (рис. 4.5). Подвеска имеет продольные рычаги 2, связанные между собой упругой балкой 19. Трубчатые

рычаги приварены к балке и прикреплены болтами 6 к кронштейнам 7 кузова посредством резинометаллических шарниров. В задней части рычагов приварены кронштейны, на которых в зоне оси колес установлены пружины 12 с амортизаторами 18. Упругими элементами подвески являются пружины с полиуретановыми буферами сжатия 14, установленными на штоке 15 амортизатора. Пружина упирается нижней частью в чашку, приваренную к корпусу амортизатора, а верхней — в опору 9 на кузове. К фланцу

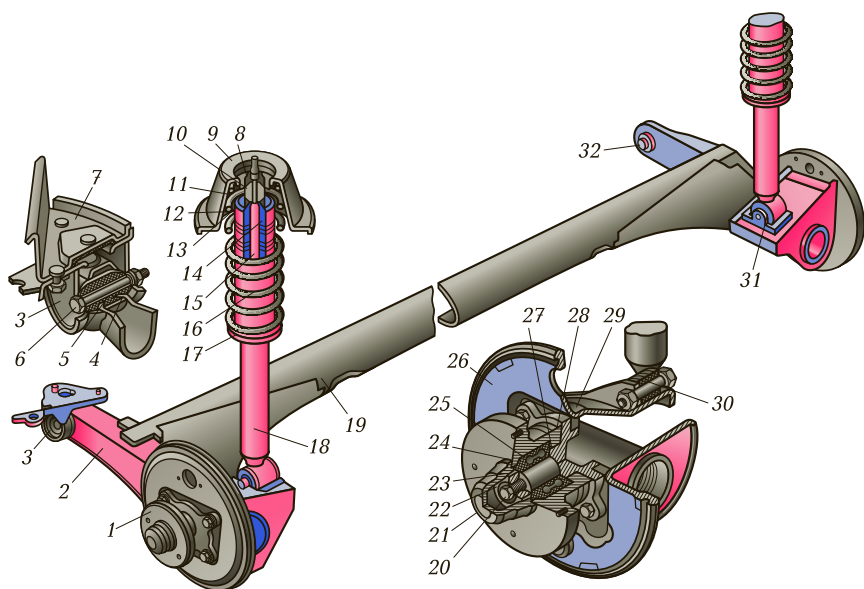


Рис. 4.5. Задняя подвеска семейства переднеприводных автомобилей ВАЗ:

1 — ступица заднего колеса; 2 — рычаг задней подвески; 3 — кронштейн крепления рычага подвески; 4, 5 — соответственно резиновая и распорная втулка шарнира рычага; 6 — болт крепления рычага подвески; 7 — кронштейн кузова; 8 — опорная шайба крепления штока амортизатора; 9 — верхняя опора пружины подвески; 10 — распорная втулка; 11 — изолирующая прокладка пружины подвески; 12 — пружина задней подвески; 13 — подушка крепления штока амортизатора; 14 — буфер хода сжатия; 15 — шток амортизатора; 16 — защитный кожух амортизатора; 17 — нижняя опорная чашка пружины подвески; 18 — амортизатор; 19 — соединительная балка; 20 — ось ступицы колеса; 21 — колпак ступицы; 22 — гайка крепления ступицы колеса; 23 — шайба подшипника; 24 — уплотнительное кольцо; 25 — подшипник ступицы; 26 — щит тормозов; 27, 28 — соответственно стопорное и грязеотражательное кольцо; 29 — фланец рычага подвески; 30 — втулка амортизатора; 31 — кронштейн для крепления амортизатора; 32 — резинометаллический шарнир рычага подвески

рычага 2 подвески прикреплены ось 20 ступицы колеса и щит 26 тормозов. Ступица колеса вращается на двухрядном шариковом подшипнике 25, установленном на оси 20. Подшипник ступицы — закрытого типа, с постоянной пластичной смазкой, поэтому не требует каких-либо регулировок и обслуживания при эксплуатации. Амортизатор 18 — телескопический, двустороннего действия, обеспечивающий гашение колебаний кузова путем создания сопротивления перетеканию жидкости через дросселированные отверстия при относительном перемещении кузова и оси колеса.

Учитывая широкое использование таких подвесок на отечественных и зарубежных автомобилях, можно отметить их некоторые особенности. Поперечная балка, связывающая продольные рычаги подвески, имеет различное сечение (V-, U- и T-образное), обеспечивающее небольшую жесткость на кручение и высокую жесткость при изгибающих поперечных и продольных нагрузках. Малая жесткость связывающей балки на кручение позволяет эти подвески относить к независимым с продольными рычагами или полузависимым, поскольку существует связь между правым и левым колесами. Анализ изменения развала колес при зависимой подвеске показывает, что колеса сохраняют свое положение относительно дороги; в подвеске с продольными рычагами угол развала колес равен углу бокового крена кузова. В подвесках со связанными рычагами величина развала колес будет зависеть от положения поперечной связи. Если поперечина находится между центрами качания рычагов, то изменение развала будет соответствовать независимой подвеске на продольных рычагах, при смещении поперечины к оси колес получается зависимая подвеска.

Отношение изменения развала к изменению кинематического угла крена кузова получило название коэффициента изменения развала при крене. Для подвесок со связанными рычагами этот коэффициент находится в диапазоне 1,0...0,5, для зависимых подвесок равен 0, для подвесок на продольных рычагах — повышается до 1,1, что обусловлено упругими деформациями рычагов. Простую конструкцию подвески со связанными рычагами имеют автомобили «Фольксваген Гольф», «Сирокко» и др. с поперечной связью, расположенной близко к опорам концов продольных рычагов (коэффициент изменения развала близок к единице). К трубчатым продольным рычагам приварена поперечина T-образного профиля, на последующих моделях замененная V-образным профилем. Поперечина воспринимает моменты от вертикальных и боковых сил и выполняет функции стабилизатора.

Независимую подвеску на двойных поперечных рычагах применяют на передних и задних колесах автомобилей. Подвеска состоит из двух поперечных рычагов, шарнирно соединяющих каждое колесо с кузовом, упругих элементов, амортизаторов и стабилизатора. В случае передней подвески наружные концы рычагов соединяют посредством шаровых шарниров с поворотной цапфой или кулаком. Чем больше расстояние между верхним и нижним рычагами направляющего устройства, тем точнее кинематика подвески. Нижние рычаги выполняют более мощными, чем верхние, так как дополнительно к продольным силам они воспринимают и боковые. Подвеска на двойных поперечных рычагах позволяет в зависимости от взаимного положения рычагов обеспечить желаемое (оптимальное) расположение центров поперечного и продольного крена. К тому же, за счет разной длины рычагов (трапециевидные подвески) можно добиться различных угловых перемещений колес при ходах отбоя и сжатия и исключения изменения колеи при относительных перемещениях кузова и колес. Примером подвески на двойных поперечных рычагах является передняя подвеска автомобилей классической компоновки. Аналогичная конструкция применена и на автомобилях «Опель», «Хонда», «Фиат», «Рено», «Фольксваген», ВАЗ и др., естественно, с определенными конструктивными особенностями отдельных элементов подвески.

Передняя подвеска автомобилей ВАЗ и др. (рис. 4.6) состоит из поворотной стойки 7 с поворотной цапфой и осью 4, нижнего 21 и верхнего 8 рычагов, верхней 9 и нижней 27 шаровых опор, цилиндрической винтовой пружины 22, амортизатора 24, буфера хода сжатия 10 и стабилизатора поперечной устойчивости 18. Вся конструкция подвески крепится к поперечине 29 (рис. 4.6, б): нижний рычаг 21 внутренними концами шарнирно соединен с осью 20, крепящейся к поперечине; верхний рычаг внутренними концами соединен с осью верхнего рычага 14, установленной на кронштейнах лонжерона 19 кузова, жестко связанного с поперечиной 29. Ось 20 нижнего рычага крепится к поперечине болтами с регулировочными шайбами, с помощью которых осуществляется регулировка углов продольного наклона оси поворота и развала колес. Наружные концы обоих рычагов соединены с поворотной стойкой 7 через шаровые опоры (шарниры) 9 и 27. На нижнем рычаге в опорной чашке 26 установлена пружина 22 упругого устройства подвески, верхняя часть которой упирается в чашку 13, связанную с кузовом. Амортизатор 24 расположен внутри пружины 22, нижнее ухо которого шарнирно соединено с кронштейном 25, а верх-

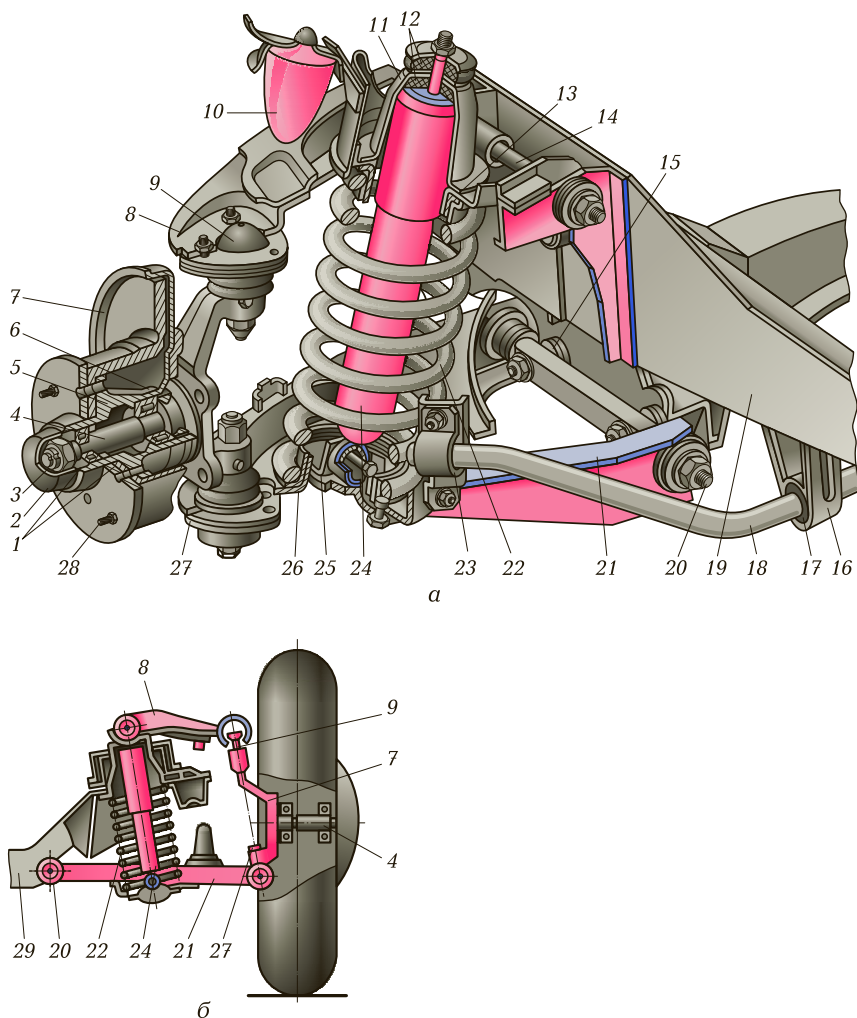


Рис. 4.6. Устройство (а) и типовая схема (б) передней подвески автомобилей ВАЗ классической компоновки:

1 — подшипник ступицы колеса; 2 — колпак; 3 — регулировочная гайка; 4 — ось поворотной цапфы; 5 — ступица; 6 — тормозной диск; 7 — поворотная стойка; 8 — верхний рычаг направляющего устройства; 9 — шаровая опора; 10 — буфер; 11 — опорный стакан; 12 — резиновая подушка; 13, 26 — соответственно верхняя и нижняя опорная чашка пружины; 14 — ось верхнего рычага; 15 — регулировочная шайба; 16, 25 — кронштейны крепления штанги соответственно стабилизатора и амортизатора; 17 — резиновая втулка; 18 — стабилизатор поперечной устойчивости; 19 — лонжерон кузова; 20 — ось нижнего рычага; 21 — нижний рычаг направляющего устройства; 22 — пружина подвески; 23 — обойма; 24 — амортизатор; 27 — нижняя шаровая опора; 28 — шпилька ступицы колеса; 29 — поперечина

ний конец штока амортизатора через резиновые подушки 12 закреплен в опорном стакане 11, жестко связанным с кузовом. Ход колеса при сжатии и отбое ограничивается соответственно буфером 10, закрепленным на кузове над верхним рычагом, и буферными эластичными втулками на штоке амортизатора. Поперечные колебания кузова и боковой крен его при повороте ограничиваются стабилизатором поперечной устойчивости 18. Стабилизатор прикреплен своими концами к нижним рычагам через резиновые втулки, а средней частью заделан в кронштейны 16 кузова также через резиновые втулки.

Передняя подвеска автомобилей семейства «S» имеет несущий нижний рычаг с широко расставленными шарнирными опорами, позволяющими разместить вентилируемые тормозные диски большого диаметра, и большую базу между верхними и нижними шарнирами направляющего устройства. Оси колес смещены вперед относительно оси поворота, что позволяет иметь благоприятное изменение развала при повороте колес, а короткие плечи стабилизатора обеспечивают прогрессивную упругую характеристику при продольном крене. Упругий элемент подвески — цилиндрическая пружина; дополнительные упругие элементы установлены снаружи в верхней части амортизаторов, а буфера отбоя — внутри однотрубных амортизаторов. В подвеске предусмотрена возможность регулировки развала с помощью эксцентрикового пальца в опоре крепления нижнего рычага к кузову и продольного наклона оси поворота вращением шарового пальца в штанге, соединяющей нижний рычаг с опорным шарниром, воспринимающим тормозные силы и поглощающем вибрацию и шумы при качении радиальных шин.

Передняя подвеска автомобиля «Хонда Прелюд» имеет короткие верхние треугольные рычаги, расположенные под углом к оси колес. Нижний рычаг также расположен под углом к оси колеса (величина угла примерно в три раза меньше, чем верхнего). Совместно с нижними поперечными рычагами применены продольные тяги, крепящиеся к кузову через эластичный шарнир. Цилиндрическая пружина с встроенным в нее амортизатором установлена по оси колеса на нижнем рычаге. Буфера отбоя и сжатия размещены на амортизаторе.

Автомобиль «Альфа-Ромео 90» имеет торсионный упругий элемент, расположенный продольно и связанный с нижним рычагом направляющего устройства. Амортизатор установлен на нижнем рычаге, верхний рычаг выполнен с отверстием, через которое проходит амортизатор.

Подвеска автомобилей «Ситроен» оборудована пневмогидравлическими упругими элементами 1 (рис. 4.7, а, б). Как отмечалось ранее, такие упругие элементы обеспечивают «мягкое» поддрессирование и возможность регулирования дорожного просвета. Упругий элемент состоит из цилиндра, в котором перемещается поршень 9 с длинной направляющей цилиндрической поверхностью. В верхней части цилиндра установлен сферический баллон, разделенный эластичной диафрагмой (мембраной) 13 на две полости: верхняя заполнена сжатым азотом, нижняя — жидкостью. Между цилиндром и баллоном расположен амортизационный клапан 15, через который пропускается жидкость при ходе отбоя и сжатия. Конструкция клапанов аналогична клапанам, установленным на поршне однотрубного газонаполненного амортизатора. Разделительная диафрагма предотвращает образование эмульсии (вспенивания) в слое жидкости, граничащем с газом. Для уменьшения бокового крена кузова в подвеске установлен стабилизатор 6. Упругие элементы шарнирно опираются на рычаги направляющего устройства подвески. Канал 10 для подвода жидкости в цилиндр необходимы для изменения дорожного просвета и регулирования жесткости упругого элемента. В нижней части конструкции упругого элемента имеется канал 8 для возврата части жидкости, скапливающейся в результате утечек в подпоршневой зоне. Конструкция упругого элемента позволяет устанавливать его в подвеске в любом положении. В частности, на задней подвеске автомобиля «Ситроен» ВХ упругие элементы установлены под небольшим углом к горизонтали; передача усилия на них осуществляется через сферическую опору кронштейнами продольных рычагов направляющего устройства подвески. Применение пневмогидравлических элементов в подвеске легковых автомобилей позволяет иметь собственную частоту колебаний кузова в зависимости от нагрузки в пределах 0,6...0,8 Гц. Следует отметить, что чем ниже собственная частота колебаний кузова на подвеске, тем меньше влияют дорожные неровности на водителя и пассажиров при движении автомобиля, т.е. тем выше плавность хода и соответственно комфортабельность автомобиля.

На автомобиле «Ситроен» ХМ (рис. 4.7, в) использован принцип управления подвеской, заложенный в амортизаторах системой «Гидрактив». Предусмотрены два режима работы подвески: «мягкий» и «жесткий». Управление режимами работы подвески осуществляется микропроцессором, передающим сигнал на исполнительный орган — электроклапан, подключающий гидравлическую систему, воздействующую на пневмоэлементы подвески,

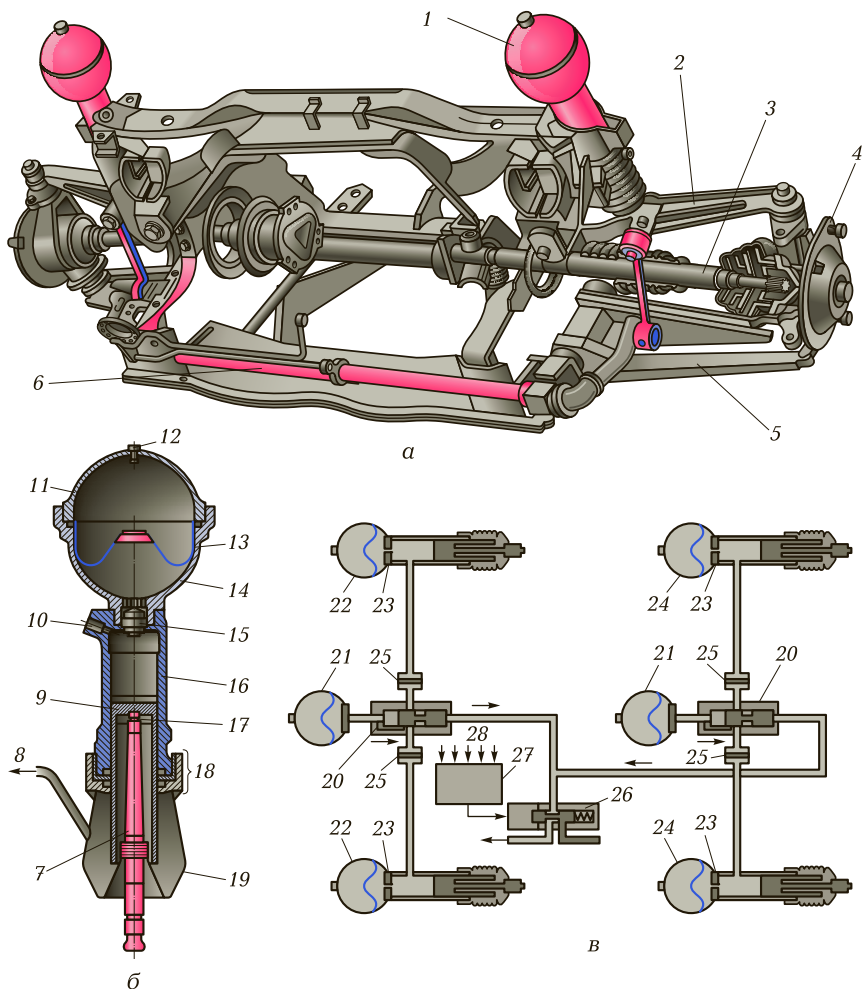


Рис. 4.7. Подвеска колес автомобиля «Ситроен» GSA:

а — конструкция передней подвески на поперечных рычагах; б — пневмогидравлический упругий элемент; в — схема регулирования подвески автомобиля «Ситроен» ХМ; 1 — пневмогидравлический упругий элемент; 2 — верхний рычаг; 3 — полуось; 4 — ступица колеса; 5 — нижний рычаг; 6 — стабилизатор; 7 — толкатель (шток); 8 — канал возврата утечек; 9 — поршень; 10 — канал подвода жидкости; 11, 14 — соответственно верхнее и нижнее полушарие баллона; 12 — зарядный штуцер; 13 — мембрана; 15 — демпфирующее устройство (клапан); 16 — корпус; 17 — сухарь; 18 — уплотнительный узел; 19 — чехол; 20 — регулятор жесткости; 21 — дополнительные гидропневматические баллоны; 22, 24 — гидропневматические баллоны соответственно переднего и заднего моста; 23, 25 — соответственно основной и дополнительный амортизатор; 26 — электроклапан; 27 — микропроцессор; 28 — датчики

или отключающий упругие пневмоэлементы. При подключении пневмоэлементов, как упругих устройств подвески, будет наблюдаться «мягкий», т.е. комфортный режим работы подвески. При отключении пневмоэлементов ее режим работы будет «жесткий». На приборной панели автомобиля расположены переключатели, позволяющие выбрать режим работы подвески: «Sport» или «Automatic». При работе по программе «Sport» напряжение на электроклапан не подается и подвеска работает в «жестком» режиме. В режиме «Automatic» на электроклапан подается напряжение и подвеска работает в «мягком» режиме.

Подвеска на двойных поперечных рычагах автомобиля «Порше»-928 получила название «Вайсзах». Отличительной особенностью такой подвески являются нижние рычаги, имеющие очень широкую косо расположенную опорную базу, связанную с кузовом, воспринимающие продольные силы при торможении и разгоне. За счет упругой деформации одного из двух связанных рычагов подвески обеспечивается стабилизация траектории автомобиля на переходных режимах движения.

На автомобилях «Мерседес-200D/300E» применена подвеска на двойных поперечных пространственных рычагах. Такая подвеска состоит из шарнирно связанных парных рычагов, составляющих на виде сверху треугольник, с точкой пересечения в конструктивном центре оси поворота (на оси симметрии колеса). Подобная конструкция подвески, учитывая наличие эластичных элементов в опорных узлах, обеспечивает высокий уровень безопасности при поворотах автомобиля на больших скоростях.

Следует выделить среди автомобилей с листовыми рессорами подвеску автомобиля «Шевроле Корвет», упругим элементом которой выступает поперечная однолистовая рессора из армированной стекловолокном пластмассы. Направляющее устройство подвески состоит из двух продольных и двух (верхний и нижний) поперечных рычагов. Восприятие продольных сил при торможении и разгоне, а также стабилизация положения при этом кузова обеспечиваются продольными рычагами. Боковые силы воспринимаются поперечными рычагами и поперечными тягами, используемыми также и для регулировки развала и схождения.

Подвеска на направляющих стойках типа «Макферсон» (рис. 4.8) задействована практически на большинстве легковых автомобилей, выпускаемых различными фирмами Европы, Азии и Америки. Подвеска имеет очень малые габаритные размеры, небольшую массу и удобно komponуется на автомобиле с передними ведущими колесами. Наличие большого свободного пространства со

стороны кузова к колесам обеспечивает хорошее охлаждение тормозных механизмов колес, удобное размещение коммуникаций привода тормозной и рулевой систем, а также свободный доступ ко всем шарнирным соединениям подвески и их обслуживание. Передняя подвеска состоит из телескопической амортизационной стойки, на верхней части корпуса которой установлена цилиндрическая пружина упругого элемента, а на штоке — буфер хода сжатия поперечного рычага, шарнирно соединенного с кузовом, поворотным кулаком стойки, растяжками и стабилизатором поперечной устойчивости. Верхняя опора стойки 9 прикреплена к кузову автомобиля, а нижняя — к поворотному кулаку 13. Амортизационная стойка 9 совместно с рычагом 22 выполняет функцию направляющего устройства подвески, определяющего кинематику колеса и кузова, а также является опорой упругого элемента и демпфером (гасителем) колебаний кузова. Верхняя опора стойки состоит из наружного 39 и внутреннего 40 корпусов, между которыми установлен резиновый упругий элемент 42, обеспечивающий компенсацию угловых колебаний стойки при перемещениях подвески и виброизоляции кузова. Во внутренний корпус запрессован шариковый подшипник 41, который служит упором верхней чашки 2 и обеспечивает вращение стойки с малым коэффициентом трения при повороте колеса. Верхняя опора стойки крепится к кузову тремя болтами 46. Дополнительным упругим элементом является полиуретановый буфер 3 хода сжатия, установленный на штоке стойки 38. На средней части корпуса стойки приварены нижняя опорная чашка пружины 6 и поворотный рычаг 8, а к нижней части приварен кронштейн 12, к которому крепится поворотный кулак 13. С помощью болта 11 и эксцентриковой шайбы 10 обеспечивается регулировка развала передних колес. Поворотный кулак 13 соединен с кожухом 15 тормозного диска и установлен на двухрядном подшипнике 20 ступицы 19 колеса. К нижней части поворотного кулака 13 через шаровой шарнир прикрепляется поперечный рычаг 22 подвески, который, в свою очередь, через резинометаллический шарнир соединен с кронштейном 28 кузова. К рычагу 22 также шарнирно прикреплена растяжка 29 и стабилизатор 25. Стабилизатор 25 через резинометаллический шарнир своими концами присоединен к рычагам 22 подвески правого и левого колес, средняя часть стабилизатора П-образной формы установлена на разрезных резиновых подушках в кронштейнах 27 кузова. Таким образом, при наклонах кузова на повороте или поперечных колебаниях за счет упругого скручивания стабилизатора создается дополнительное к упругому элементу сопротивление.

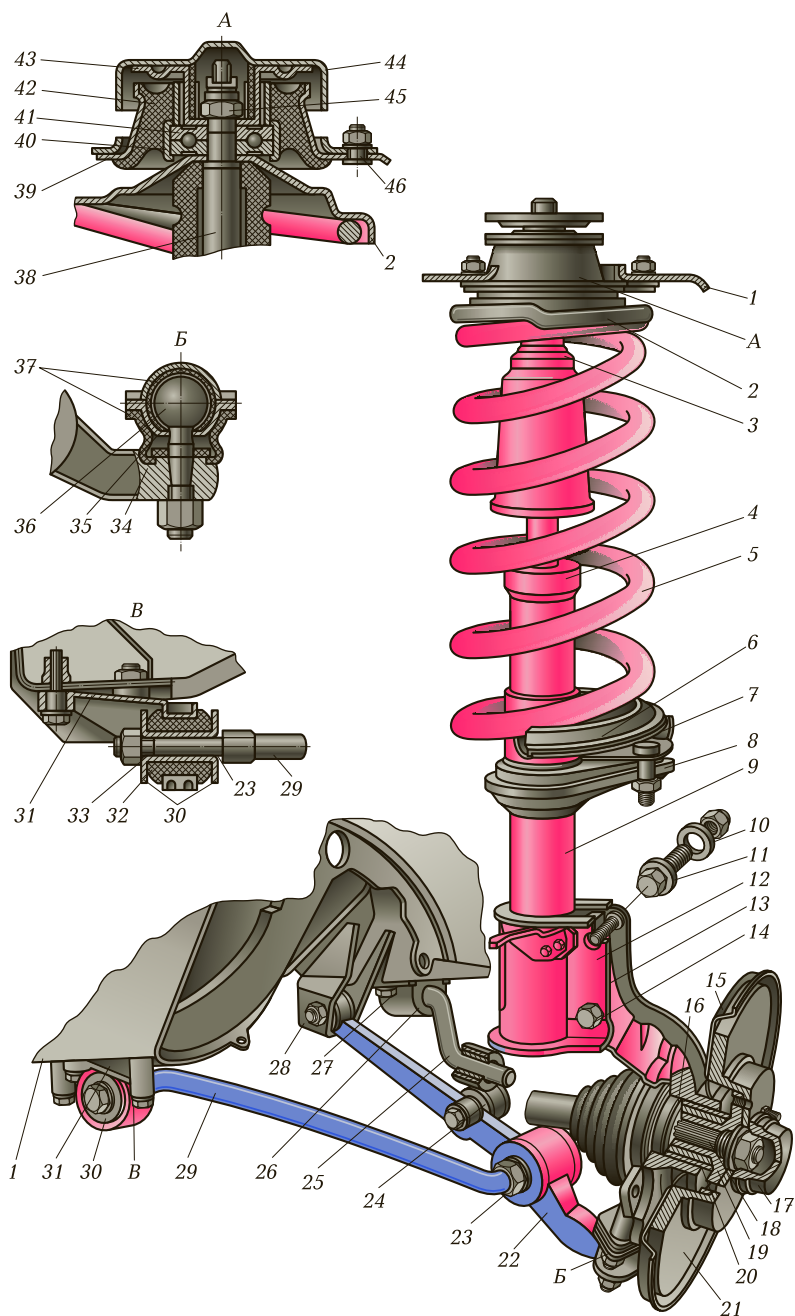


Рис. 4.8. Конструкция передней подвески типа «Макферсон» переднеприводных автомобилей:

1 — кузов автомобиля; 2 — верхняя опорная чашка; 3 — буфер хода сжатия; 4 — опора буфера; 5 — пружина; 6 — нижняя опорная чашка пружины; 7 — шаровой шарнир рулевой тяги; 8 — поворотный рычаг; 9 — телескопическая стойка; 10 — эксцентриковая шайба; 11 — регулировочный болт; 12 — кронштейн стойки; 13 — поворотный кулак; 14 — крепежный болт; 15 — кожух; 16 — стопорное кольцо; 17 — колпак ступицы колеса; 18 — шлицевой хвостовик привода; 19 — ступица колеса; 20 — подшипник ступицы колеса; 21 — тормозной диск; 22 — нижний рычаг подвески; 23 — регулировочная шайба; 24 — стойка стабилизатора; 25 — стабилизатор поперечной устойчивости; 26 — подушка стабилизатора; 27 — кронштейн крепления стабилизатора; 28, 31 — кронштейны; 29 — растяжка нижнего рычага подвески; 30 — шайбы; 32 — резиновая распорная втулка растяжки; 33 — втулка; 34 — защитный чехол шарового пальца; 35 — подшипник шарового пальца; 37 — корпус шарового пальца; 38 — шток подвески; 39, 40 — корпуса верхней опоры; 41–45 — элементы верхней опоры; 46 — болт

Аналогичную конструктивно-кинематическую схему передней подвески имеют автомобили «Ауди», «Фольксваген», «Опель», «Форд» и многие другие. Преимущества подвески с направляющей стойкой: монтажная компактность элементов, выполняющих упругую, направляющую и демпфирующую работу; небольшие усилия в узлах крепления подвески к кузову; возможность применения длинноходовых подвесок, обеспечивающих наилучшую плавность хода; возможность создания оптимальной кинематики, удобство создания хорошей вибро- и шумоизоляции кузова; низкая чувствительность к дисбалансу и биению шин и др. Подвески с направляющей стойкой широко применяют не только в передних подвесках, но и в подвесках задних колес переднеприводных автомобилей.

Анализируя кинематику подвески с направляющей стойкой, можно видеть, что положение центра крена зависит от угла наклона стойки к вертикали и нижних рычагов к горизонту. Подбором установки стойки и рычагов можно обеспечить положение центра крена при различных нагрузках значительно ниже, чем при применении подвески на двойных поперечных рычагах. Угловое положение стойки влияет и на изменение развала и колеи. При расположении стойки близко к вертикали и длинном нижнем поперечном рычаге колея практически изменяться не будет. Следует отметить и значительно меньшее, чем в подвесках на двойных поперечных рычагах, изменение развала под действием боковых сил на повороте.

Для получения отрицательного плеча обкатки конструкторы на ряде автомобилей направляющий шарнир нижнего рычага стремятся разместить ближе к оси симметрии колеса, что приводит к

концентрическому расположению верхней опоры пружины упругого элемента с осью стойки (и соответственно, штоком амортизатора), приводящее к возникновению момента поперечных сил, который может привести к заклиниванию поршня. Для исключения заклинивания поршня амортизатора пружину на стойке размещают с наклоном таким образом, чтобы ось установки пружины проходила через несущий шарнир нижнего рычага.

Расположение стабилизатора в подвеске (спереди или сзади оси колес) влияет на положение оси продольного крена, обеспечивающее дополнительное вертикальное перемещение кузова при торможении (наиболее желательно «приседание» кузова).

На автомобилях «БМВ» пятой — седьмой серий применена передняя подвеска со сдвоенными шарнирами. Упругие элементы — пружины — нижней частью опираются на чашки, приваренные к корпусу амортизатора, а верхней упираются в шариковый подшипник, закрепленный на кузове в трех точках. Направляющее устройство состоит из поперечных рычагов, воспринимающих боковые нагрузки, и штанг, направленных вперед под углом к продольной оси автомобиля и обеспечивающих поворот управляемых колес в сторону положительного схождения, т. е. улучшается устойчивость прямолинейного движения. Взаимное положение опорных шарниров рычагов и штанг позволяет увеличить противодействие продольному крену при разгоне и торможении.

Подвеска ведомых колес автомобиля «Хонда Прелюд» состоит из поперечных рычагов большой длины и продольных штанг, направленных под небольшим углом к продольной оси. Опоры крепления рычагов в зоне колес расположены примерно в центре колеса, за счет чего достигается оптимальное расположение центра поперечного крена. Пружинная направляющая стойка установлена с некоторым наклоном к вертикальной оси при широкой опорной базе. Недостатком такой подвески, несмотря на простоту, можно считать большую нагрузку от вертикальных сил, воспринимаемую опорными шарнирами поперечных рычагов.

Подвеска на продольных рычагах направляющего устройства состоит из мощного, как правило, сварного коробчатого или литого рычага направляющего устройства, расположенного по направлению движения с каждой стороны автомобиля. Рычаг воспринимает крутящие и изгибающие нагрузки, возникающие при движении автомобиля. Для обеспечения необходимой жесткости подвески при боковых силах рычаг имеет широко разнесенные опоры на кузове. Подвеска на продольных рычагах часто приме-

няется в задней подвеске переднеприводных автомобилей. Горизонтальное положение рычагов обеспечивает при ходах сжатия и отбоя неизменность развала, схождения колес и колеи. Длина рычагов влияет на прогрессивность упругой характеристики подвески, а поскольку точки качания рычагов являются центрами продольного крена автомобиля, то при торможении кузов будет «приседать». К недостаткам подвески следует отнести низкое положение центра поперечного крена и большой наклон колес и кузова на повороте по сравнению с другими конструкциями независимых подвесок. Подвеской с продольными рычагами оборудованы автомобили «Рено», «Ситроен», «Пежо» и др.

В качестве упругих элементов в подвесках задействованы пружины, торсионы и пневмогидравлические устройства. Пружинные упругие элементы могут располагаться как соосно с амортизатором («Пежо»), так и параллельно («Мицубиси Кольт»). На некоторых моделях «Пежо» пружинные стойки расположены под небольшим углом к горизонтали, аналогично установлены и упругие элементы на автомобиле «Ситроен» ВХ.

Подвеску на косых рычагах применяют только в задней части автомобилей. Для примера на рис. 4.9 представлена подвеска автомобиля «БМВ» пятой серии, аналогичное направляющее устройство установлено на автомобилях «Фиат», «Мерседес», «Форд» и др. соответственно с некоторыми конструктивными особенностями.

С точки зрения кинематики подвески наиболее благоприятен угол стреловидности, находящийся в пределах $10...25^\circ$ (угол между поперечной осью и положением крепления к кузову рычага направляющего устройства в горизонтальной плоскости). Например, у автомобилей «БМВ-518i/525i» этот угол составляет 20° , «БМВ-528i/535i» — 20° , «Форд Сьерра/Скорпио» — 18° , «Опель Сенатор» — 14° и т.п. При такой конструкции направляющего устройства ведущих колес между колесом и главной передачей (дифференциалом) возникают угловые и линейные перемещения, требующие установки в полуосях, передающих крутящий момент на колеса, по два шарнира равных угловых скоростей для компенсации этих перемещений. В зависимости от соотношения длин косых рычагов и углов их установки можно получить практически любое требуемое положение центров крена и уменьшение изменения колеи. В таких подвесках амортизатор устанавливают со смещением к оси колеса, что может обеспечить передаточное отношение от колеса к амортизатору, равное единице. Во многих подвесках автомобилей амортизатор объединен с упругим элементом — пружиной, однако на ряде моделей «БМВ» амортизаторы и

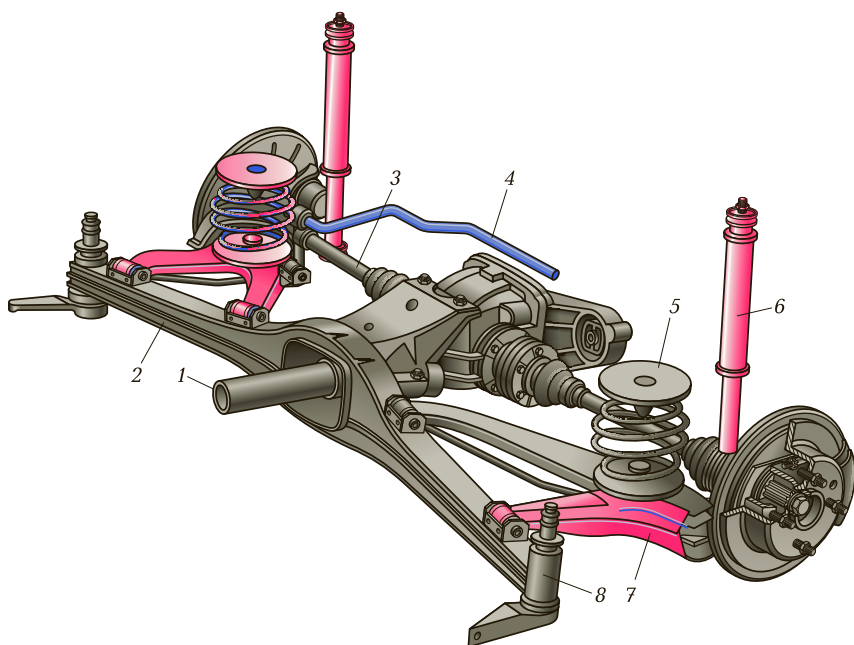


Рис. 4.9. Задняя подвеска на косых рычагах автомобилей «БМВ»:

1 — вал главной передачи; 2 — опорный кронштейн; 3 — полуось; 4 — стабилизатор; 5 — упругий элемент; 6 — амортизатор; 7 — косой рычаг направляющего устройства подвески; 8 — опорная стойка кронштейна

упругие элементы в подвеске установлены отдельно. В этом случае пружина расположена на самом рычаге ближе к оси колеса, как и амортизатор; аналогичное положение занимает пружина и на автомобилях «Опель».

Дополнительные упругие элементы подвески, устанавливаемые в помощь к основным упругим элементам, выполняют две задачи: шумо- и виброизоляцию кузова и ограничение хода подвески при сжатии и отбое с соответствующим обеспечением прогрессивности упругой характеристики подвески. Основным требованием в данном случае к упругим элементам будет создание определенной эластичности в осевом направлении и большой жесткости в радиальном, чтобы исключить влияние на кинематику подвески. Такие дополнительные упругие элементы изготавливают, как правило, из резины и различных упругих полимеров (например, полиуретана). В передних подвесках управляемых колес в верхней опоре пружинных стоек устанавливают шарикоподшипник для исключе-

ния трения при повороте колес, так как они поворачиваются совместно со стойками.

На рис. 4.10 показаны верхние эластичные опоры стоек автомобилей «Вольво» 740/760 и «Мерседес» 190. У «Вольво» 740/760 резиновые опоры выполнены таким образом, что усилия от пружины и амортизатора воспринимаются отдельно. Через упорный шарикоподшипник пружина подвески воздействует на резиновый буфер 5. Шток амортизатора крепится во втулке 1, через которую воздействует на среднюю часть резинового буфера 5, работающую на срез. При больших перемещениях на ходе отбоя усилие воспринимается верхним резиновым упором 2; при ходе сжатия усилие передается через тарельчатую шайбу 6 на резиновый буфер 5. Средняя часть буфера 5 имеет меньшую жесткость по сравнению с остальными рабочими частями. Такая комбинированная жесткость буфера обеспечивается за счет различной формы армирующих вставок 3 и 4 и применения резиновых смесей из двух компонентов с различной твердостью. Аналогичная конструкция буфера задействована на автомобиле «Пежо» только в несколько упрощенной конструкции самого резинового буфера. В опоре «Мерседеса» 190 резиновая опора 8 предназначена в основном для шумоизоляции, а упругий элемент 9 размещен на штоке амортизатора и передает при сжатии усилие через внутренний колпак

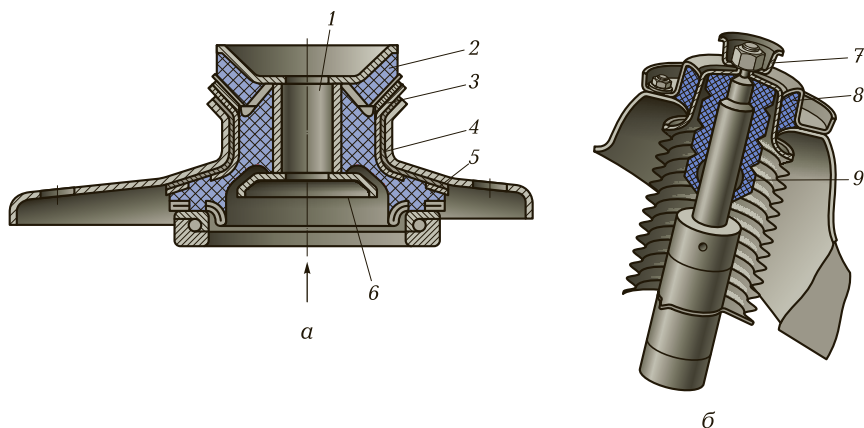


Рис. 4.10. Верхние эластичные опоры:

а — для пружинных стоек автомобилей «Вольво»; б — для стоек автомобиля «Мерседес»; 1 — втулка; 2 — резиновый упор; 3, 4 — армирующие вставки; 5 — резиновый буфер; 6 — тарельчатая шайба; 7 — металлический упор; 8 — резиновая опора; 9 — упругий элемент

опоры 8 на упор 7 и кузов. Такая конструкция увеличивает направляющую базу амортизатора и предотвращает возможность заклинивания штока.

4.2.3. Амортизаторы

Основные назначения амортизатора — гашение (поглощение энергии) колебаний кузова, создание сопротивления крену кузова при резком изменении его положения, в том числе и на поворотах, и обеспечение надежного сцепления колес с опорной поверхностью дороги. На легковых автомобилях устанавливают гидравлические (жидкостные) амортизаторы. Работа жидкостного амортизатора, установленного в подвеске легкового автомобиля, основана на создании сопротивления перетеканию жидкости через дросселированные отверстия (клапаны), расположенные в поршне штока, перемещающегося в герметичном корпусе. При этом конструкция клапанов амортизатора, через которые перетекает жидкость, устроена таким образом, что создаваемое сопротивление будет пропорциональным относительной скорости перемещения колеса и кузова; причем сопротивление перетеканию жидкости на ходе отбоя больше, чем на ходе сжатия.

На легковых автомобилях применяют два типа амортизаторов: двухтрубные и газонаполненные однотрубные. В случае объединения двухтрубного амортизатора с пружиной упругого элемента амортизатор конструктивно будет являться несущей стойкой подвески. В случае применения в подвеске раздельной установки упругого элемента и амортизатора корпус амортизатора будет более легким, но принципы работы останутся одинаковыми.

Амортизаторы имеют два основных режима работы: наибольшего комфорта и ограничения максимальных усилий. При малых вертикальных перемещениях кузова и плавном движении штока амортизатора скорость движения его поршня невелика, жидкость перетекает через калиброванные отверстия, создавая небольшое сопротивление колебаниям кузова. При повышении скорости перемещения поршня сопротивление перетеканию жидкости возрастает. При резком (скачкообразном) изменении скорости штока дополнительно к работающим открываются специальные разгрузочные клапаны, увеличивающие проходные отверстия для жидкости, тем самым исключая возможность жесткого удара в системе подпрессоривания.

Двухтрубный телескопический амортизатор имеет основную рабочую полость, полностью заполненную жидкостью, и кон-

центрически расположенную компенсационную полость, охватывающую основную и связанную с ней каналами в нижней части амортизатора. Компенсационная полость частично заполнена жидкостью и обеспечивает прием части жидкости, вытесняемой объемом штока, входящего в основную полость при ходе сжатия, и подпитку жидкостью основной полости при выходе штока на ходе отбоя. В рабочей полости расположен шток с поршнем, в котором имеются перепускные клапаны, работающие отдельно в зависимости от направления движения поршня.

Амортизатор работает следующим образом. При ходе сжатия шток с поршнем идет вниз, вытесняя из нижней части цилиндра жидкость. Часть жидкости, преодолевая сопротивление пружины перепускного клапана, перетекает по каналам в поршне из подпоршневого пространства в надпоршневое. Поскольку цилиндр рабочей полости полностью заполнен жидкостью, а входящий в цилиндр шток увеличивает внутренний объем цилиндра, то часть жидкости через клапан сжатия будет перетекать из рабочей полости цилиндра в полость между стенкой цилиндра и корпусом стойки (компенсационная полость). При плавном ходе штока усилие от давления жидкости на пружину клапана сжатия будет недостаточным для его открытия, поэтому жидкость в компенсационную полость будет перетекать через три специальных выреза в дроссельном диске на поршне. Для обеспечения минимального трения при движении поршня применяют направляющую втулку, установленную на поршне, которая изготовлена из материалов с низким коэффициентом трения или покрытая тефлоном.

В амортизаторах фирмы «Монро» в средней части цилиндра имеются проточки, позволяющие плавно перетекать жидкости с внешней стороны поршня при перемещении штока, создавая тем самым малое сопротивление и обеспечивая высокий комфорт пассажирам при движении автомобиля по дороге.

При ходе отдачи поршень движется вверх, над поршнем создается давление жидкости, под поршнем — разрежение. Жидкость из надпоршневого пространства, преодолевая сопротивление пружины клапана отдачи, перетекает через отверстия в поршне в нижнюю часть цилиндра. За счет разрежения под поршнем открывается клапан сжатия и жидкость перетекает из компенсационной полости в цилиндр. При малой скорости движения штока клапан отдачи не открывается и жидкость будет проходить в нижнюю часть цилиндра через боковые вырезы дроссельного диска, создавая сопротивление ходу отдачи. Компенсационная полость частично заполнена газом, поэтому жидкость, перетекая в нее,

сжимает газ. Газ в компенсационной полости находится под небольшим давлением; величина давления выбирается такой, чтобы исключить возможность разрежения в полости при максимальном ходе отбоя и не создавать большое сопротивление жидкости при заполнении полости на ходе сжатия.

Однотрубный телескопический амортизатор отличается от двухтрубного расположением компенсационной полости, которая находится в одном цилиндре с гидравлической рабочей полостью. Компенсационная полость заполнена газом и отделена от жидкости разделительным поршнем или эластичной диафрагмой. Эта

полость воспринимает расширение жидкости при нагревании и компенсирует увеличение объема при движении штока в цилиндр на ходе сжатия. Преимуществом таких амортизаторов по сравнению с двухтрубными является простота конструкции, возможность установки их под любым наклоном и даже в перевернутом виде, придание упругому элементу подвески дополнительной жесткости прогрессивного характера. К недостаткам однотрубных амортизаторов относится несколько большая длина, увеличивающаяся с ходом подвески и толщиной штока.

Однотрубный телескопический амортизатор фирмы «Бильштайн» (Bilstein) (рис. 4.11) состоит из рабочего цилиндра 3, перемещающегося по двум опорным втулкам 6, имеющим тефлоновое покрытие и закрепленным в несущем корпусе 12. Про-

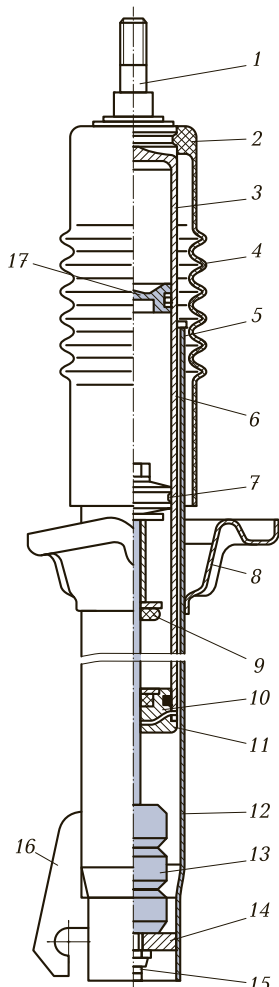


Рис. 4.11. Однотрубный телескопический амортизатор:

1 — штырь крепления; 2 — резиновый защитный кожух; 3 — цилиндр; 4 — гофры кожуха; 5 — уплотнение цилиндра; 6 — опорные втулки; 7 — поршень с тефлоновым направляющим кольцом; 8 — опорная чашка пружины; 9 — буфер отбоя; 10 — уплотняющий узел штока; 11 — крышка цилиндра; 12 — корпус амортизатора; 13 — дополнительный упругий элемент; 14 — опорная шайба; 15 — узел крепления штока; 16 — кронштейн; 17 — разделительный поршень

странство между втулками заполнено специальным пластическим смазочным материалом, обеспечивающим хорошее смазывание скользящей поверхности и требуемый теплообмен. Смазочная полость от внешней среды изолирована уплотнением 5. На поршне 7 с тефлоновым направляющим пояском расположены каналы для перетекания жидкости и клапаны ходов сжатия и отбоя. Дополнительный упругий элемент 13 расположен в нижней части стойки и установлен на штоке. При ходе сжатия упругий элемент 13 упирается в крышку 11 цилиндра 3. В нижней части цилиндра 3 расположен узел 10 с уплотнением и направляющей втулкой штока. На штоке установлен буфер отбоя 9, опирающийся через втулку на поршень. Учитывая, что в однотрубных амортизаторах давление в газовой полости находится в пределах 1,0...2,5 МПа, при сжатии резкие толчки сглаживаются газовой подушкой, что в ряде случаев позволяет исключить разгрузочные клапаны сжатия. Однотрубные амортизаторы аналогичной конструкции выпускают фирмы «Карбон», «Колумбус» и др.

4.2.4. Регулируемые системы поддрессоривания

Понятие «регулируемые системы поддрессоривания» подразумевает такую подвеску, в которой можно управлять изменением характеристики упругого и демпфирующего элементов в зависимости от режима движения и состояния дороги. То есть в зависимости от типа дороги, характера неровностей, нагрузки на колесо и режима движения из множества характеристик подвески выбирается одна — оптимальная для данных условий движения. Выбор требуемой характеристики осуществляется с помощью автоматической или ручной системы регулирования. Наиболее рациональной с точки зрения возможности регулирования характеристики в широком диапазоне является подвеска, в составе которой имеются пневматические или пневмогидравлические упругие элементы. При этом регулировка может проводиться как с изменением массы газа, так и при постоянной массе газа, но с изменением объема жидкости, передающей усилие на газ при деформации упругого элемента. При необходимости блокирования подвески изменением массы газа и жидкости в пневмогидравлическом элементе создается жесткая связь между колесом и несущей системой транспортного средства.

Регулировка (стабилизация) упругой характеристики подвески путем изменения массы газа (рис. 4.12, а) заключается в обеспече-

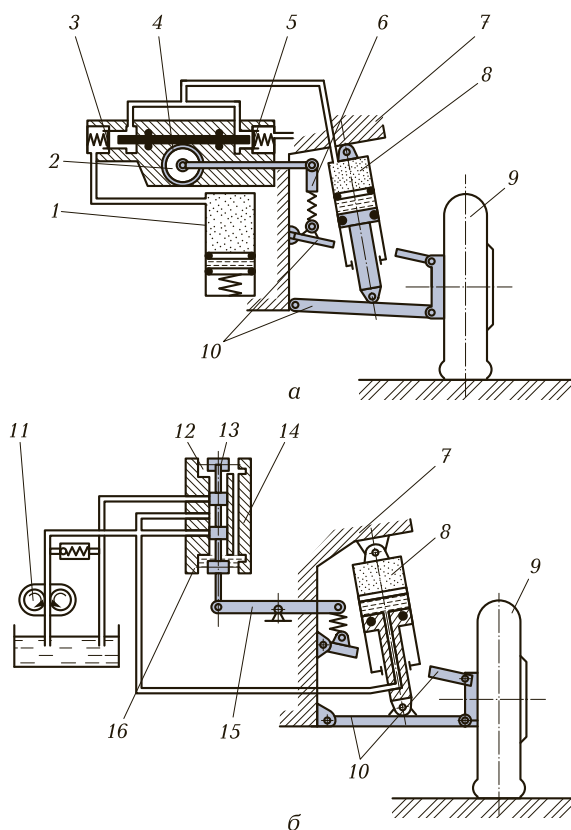


Рис. 4.12. Схема подвески с регулированием упругой характеристики (а) и положения кузова по высоте (б):

1 — подпиточный газовый баллон; 2 — рычажно-кулачковый механизм; 3, 5 — клапаны; 4 — толкатель; 6 — упругая тяга; 7 — кузов; 8 — пневмогидравлический упругий элемент; 9 — колесо; 10 — рычаги направляющего устройства; 11 — насос; 12, 16 — диафрагмы; 13 — золотник; 14 — корпус золотника; 15 — рычаг

нии постоянства статического и динамического ходов подвески (соответственно, стабилизации частоты собственных колебаний) при изменении подрессоренной массы в широких пределах. Кузов 7 через пневмогидравлический упругий элемент 8 и рычаги 10 направляющего устройства подвески опирается на ось колеса 9. Верхний рычаг 10 направляющего устройства упругой тягой 6 соединен с рычажно-кулачковым механизмом 2. Кулачковый механизм передает движение на толкатель 4, который, перемещаясь в одну или другую сторону, взаимодействует с клапаном 3 или 5, тем

самым соединяя газовую полость упругого элемента либо с подпиточным газовым баллоном 1, либо с атмосферой. При увеличении нагрузки объем газа в полости упругого элемента и, соответственно, его высота уменьшаются, кузов 7 опускается относительно оси колеса, кулачковый механизм 2 перемещает толкатель влево и открывает клапан 3, подключая полость упругого элемента к подпиточному баллону 1. Уменьшение нагрузки приводит к перемещению толкателя 4 вправо, разъединению клапаном 3 газовых полостей упругого элемента и подпиточного баллона и открытию клапана 5. При этом часть газа из газовой полости упругого элемента уходит в атмосферу.

Таким образом, при изменении нагрузки обеспечивается постоянство объема газа в полости упругого элемента и, соответственно, величины статического хода подвески. Регулировка упругой характеристики подвески происходит следующим образом. При увеличении нагрузки на автомобиль газовую полость упругого элемента соединяют с подпиточным баллоном 1. Масса газа в упругом элементе увеличивается, и упругий элемент переходит на более жесткую упругую характеристику. При снижении нагрузки на автомобиль газовая полость упругого элемента соединяется с атмосферой, часть газа выходит в атмосферу и жесткость упругого элемента уменьшается. При движении по неровностям дороги для обеспечения постоянства статической нагрузки (стабильности упругой характеристики) толкатель 4 удерживается в заданном положении за счет компенсации знакопеременных усилий упругой тягой 6.

Регулировка (стабилизация) положения поддрессоренной части путем изменения объема жидкости при постоянной массе газа осуществляется следующим образом. Для регулировки расстояния поддрессоренной части относительно поверхности дороги при неизменной статической нагрузке с сохранением неизменной упругой характеристики подвески используется система регулирования объема жидкости в пневмогидравлическом упругом элементе (рис. 4.12, б). Кузов 7 через подвеску с упругим элементом соединен с осью колеса 9. Верхний рычаг направляющего устройства подвески 10 посредством упругой связи и рычага 15 соединен с золотником 13, расположенным в корпусе 14. Торцевые полости золотника сообщаются калиброванным дросселем, демпфирующим колебания плунжера золотника.

Источником гидравлической энергии является насос 11. В системе регулирования давления пневмогидравлического упругого элемента могут использоваться шестеренные и плунжерные насо-

сы с различными устройствами автоматического поддержания давления жидкости в системе.

При необходимости изменить положение корпуса (кузова) автомобиля по высоте перемещается золотник 13, открывая отверстие трубопровода жидкостной полости упругого элемента. Для подъема кузова объем жидкости в упругом элементе должен увеличиваться, а для опускания (уменьшения дорожного просвета) объем жидкости должен уменьшаться. Соответственно уменьшается расстояние между осью колеса и рамой. При изменении длины упругого элемента поворачивается рычаг 15, перемещая золотник 13 регулятора и стабилизируя заданное положение поддрессоренной части машины.

Представленная схема позволяет также стабилизировать (сохранить неизменным) дорожный просвет и упругую характеристику подвески при изменении величины поддрессоренной массы. При регулировании положения кузова путем изменения объема жидкости в упругом элементе масса газа остается неизменной, но изменяется начальный объем газа и давление, в результате чего происходит изменение упругой характеристики. Например, при увеличении массы автомобиля нагрузка на упругий элемент возрастает и, соответственно, увеличивается давление газа, а его объем уменьшается. Расстояние между осью колеса и кузовом уменьшается, в результате чего поворачивается рычаг 15, перемещая золотник 13 в корпусе 14 и соединяя нагнетающую линию с жидкостной полостью упругого элемента. Жидкость поступает в упругий элемент до тех пор, пока не восстановится первоначальное положение кузова, на которое настроен регулятор.

При уменьшении массы кузова нагрузка на упругий элемент уменьшается, и золотник, перемещаясь, открывает сливную магистраль, а напорную перекрывает. Жидкость из полости упругого элемента перетекает в бак, и кузов автомобиля опускается до заданного положения. Для исключения влияния динамического изменения перемещения поршня упругого элемента при колебаниях агрегата на неровной дороге торцевые полости золотника 13 заполнены жидкостью и закрыты упругими диафрагмами 12 и 16. Основное требование к системе регулирования — восстановление первоначального (требуемого) уровня поддрессоренной массы в заданный промежуток времени с минимальными энергозатратами. Следует отметить, что время регулирования (или срабатывания) системы в значительной степени зависит от вязкости используемой жидкости, следовательно, оно существенно меняется с изменением температуры. Для уменьшения влияния температу-

ры в некоторых системах используют силиконовые жидкости, отличающиеся минимальным изменением вязкости с изменением температуры.

Регулирование систем поддрессоривания ведется в направлении управления характеристикой упругого элемента, сопротивлением амортизатора и положением кузова относительно дороги.

Одним из вариантов регулируемой подвески является система поддрессоривания автомобиля «Ситроен» ХМ (см. рис. 4.7, в). Подвеска серийно выпускаемого легкового автомобиля «Ситроен» ХМ и ранее выпускаемых «Ситроен» ВХ/СХ имеет пневмогидравлические упругие элементы (см. рис. 4.7, б), позволяющие осуществлять управление упругой характеристикой. Функцию упругой пружины в пневмогидравлическом упругом элементе выполняет газ (воздух или азот), полость расположения которого от полости, занятой жидкостью, отделена эластичной мембраной. Увеличивая или уменьшая объем жидкости, можно осуществлять изменение положения поршня, связанного с направляющим рычагом подвески, и тем самым изменять дорожный просвет между кузовом и дорогой. Изменяя давление и объем газа в определенной пропорциональности, можно при одной и той же нагрузке на колесе изменять упругую характеристику подвески, делая ее либо «мягкой», либо «жесткой». Гашение колебаний в таком упругом элементе осуществляется гидроамортизатором, расположенном между баллоном с газом и цилиндром, при перетекании жидкости под воздействием поршня из полости цилиндра в подмембранную полость баллона пневмогидравлического упругого элемента. Увеличение объема газа в пневмогидравлическом упругом элементе (для создания «мягкой» характеристики) достигается подключением дополнительных газовых баллонов, включенных отдельно в систему передней и задней подвесок. Работа подвески в «мягком» режиме обеспечивает при движении автомобиля высокий комфорт и удобство управления; работа в «жестком» режиме улучшает устойчивость автомобиля на поворотах и при торможении, что повышает безопасность. При работе упругого элемента в «мягком» режиме сопротивление перетеканию жидкости в амортизаторе небольшое. Для перевода подвески в «мягкий» или «жесткий» режим служит электроклапан (регулятор жесткости), отключающий или подключающий дополнительный баллон к гидравлическому приводу системы подвески. Управление регулятором жесткости осуществляется микропроцессором, получающим информацию от датчиков угла поворота и угловой скорости рулевого колеса, положения педали подачи топлива, давления в тормозном приводе,

крена кузова и скорости движения автомобиля. Микропроцессор имеет блок памяти, в котором заложены определенные сочетания параметров поступающей от датчиков информации, полученных в результате испытаний опытных автомобилей данной серии. По сравнению заложенных в память данных и получаемой информации от датчиков микропроцессор выбирает необходимый режим работы подвески. Время срабатывания включения гидропривода подвески не превышает 0,05 с, что значительно опережает динамическую реакцию автомобиля. В гидравлической системе каждой подвески (передней или задней) совместно с дополнительным газовым баллоном подключены в систему и дополнительные демпфирующие элементы, изменяющие сечения отверстий, через которые перетекает жидкость, тем самым изменяя демпфирующую характеристику подвески. Таким образом, по команде микропроцессора электроклапан подключает или отключает в каждой подвеске третий баллон и два дополнительных демпфирующих клапана в зависимости от режима: «мягкий» — два газовых баллона и два демпфера основных упругих элементов плюс дополнительные один газовый баллон и два демпфирующих элемента, «жесткий» — два газовых баллона и два демпфирующих элемента подвески. При возникновении неисправности в системе питания или получении микропроцессором информации от датчиков, выходящей за пределы параметров, заложенных в памяти, подается команда на переход в «жесткий» режим. Управление режимом работы подвески осуществляют переключателями на приборной панели.

Компания «Форд» разработала управляемую подвеску, работающую по программе. Система получила название «Программируемый контроль за дорогой» (PRC) — она обеспечивает изменение характеристики амортизатора подвески в зависимости от ситуации дорожного движения. Аналогично рассмотренной выше системе PRC позволяет водителю выбрать «жесткий» или «автоматический» режим. В «жестком» режиме компьютер регулирует уровень демпфирования для обеспечения спортивной жесткой характеристики подвески. В «автоматическом» режиме регулируется уровень демпфирования для обеспечения комфортного движения в нормальных условиях. При торможении, повороте или резком ускорении система автоматически переключается на «жесткий» режим. При высоких скоростях движения система переключается на «жесткий» режим по сигналу контрольного модуля двигателя в зависимости от угла поворота дроссельной заслонки и давления во впускном коллекторе. При этом активизи-

руются четыре роторных соленоидных исполнительных механизма, установленные в верхней части амортизаторов. Следует отметить, что сопротивление амортизаторов на «жестком» режиме в три раза выше, чем при комфортной езде. Одной из особенностей программного обеспечения системы является самодиагностика. При техническом обслуживании после включения зажигания контрольный модуль будет посылать автоматически последовательность команд для изменения характеристик амортизаторов с «мягкого» режима на «жесткий». О возможных неисправностях системы в этот момент сообщает контрольная лампа на панели приборов.

Таким образом, в применяемых системах управления упругой характеристикой подвески наблюдается комплексная регулировка характеристики упругого элемента и сопротивления амортизатора или управление только характеристикой амортизатора в зависимости от дорожных условий. Изменение размеров отверстий, по которым перетекает жидкость в зависимости от дорожных условий, осуществляется электродвигателем или соленоидом. Учитывая необходимость регулировки характеристики амортизатора не только при изменении скоростного режима, но и при повороте, на рулевом колесе устанавливают датчик, реагирующий на угол и направление поворота. В блок управления поступают сигналы и от изменения давления в тормозной магистрали.

Электронные блоки управления выполняют на цифровых схемах. Обработка поступающей в бортовую ЭВМ информации и подача сигналов на исполнительные механизмы занимает не более 4 мс. Управление положением кузова относительно дороги обеспечивается в подвесках, как правило, оборудованных пневмогидравлическими или пневматическими упругими элементами. Информация в управляющий микропроцессор поступает от датчика высоты. При этом в зависимости от необходимости поднять или опустить кузов поступает команда в исполнительную систему на изменение количества жидкости между поршнем и эластичной диафрагмой в пневмогидравлическом упругом элементе и на электродвигатель компрессора, увеличивающего давление в пневматическом упругом элементе, или соленоид выпускного клапана для уменьшения давления. В качестве датчиков высоты используют преобразователи, вырабатывающие импульсы, удобные для цифрового кода (фотоэлементы, герконы и др.).

Подобная схема управлением положения кузова и жесткостью упругих элементов передней подвески имеется на некоторых моделях автомобиля «Тойота» и «Ситроен». На автомобиле «Тойота»,

подвеска которого оборудована пневматическими упругими элементами (баллонами), применена система автоматического управления высотой кузова. Управление высотой кузова (регулировка дорожного просвета) производится автоматически через ЭБУ. Если текущая высота отличается от номинальной (изменилась масса автомобиля), ЭБУ регулирует давление в упругих элементах, подавая сигнал на компрессор для увеличения давления или на электромагнит, открывающий выпускной клапан для его снижения. Компрессор работает от электродвигателя. Для обеспечения подачи «сухого» и очищенного воздуха в пневмобаллоны, от компрессора сжатый воздух подается в фильтр-влагоотделитель, заполненный силикагелем. В фильтре имеется клапан для выпуска воздуха из системы для уменьшения дорожного просвета (при необходимости). Упругие пневмоэлементы составляют с амортизаторами единую конструкцию, в которой изменение давления воздуха в пневмоэлементах приводит одновременно к изменению высоты амортизаторов.

Поскольку работа подвески оказывает существенное влияние на управляемость и тормозные качества автомобиля, то в последнее время наблюдается тенденция создания комплексных микропроцессорных систем совместного управления характеристикой подвески (упругим и демпфирующим элементами) и антиблокировочной системой тормозов.

На ряде моделей автомобилей «Тойота» и других имеются системы автоматического регулирования сопротивлением амортизатора. Управление амортизатором заключается в изменении сопротивления перетеканию жидкости путем изменения диаметров клапанов-жиклеров. Предусмотрено три режима регулировки сопротивления амортизатора: малое, среднее и большое. Управление осуществляется с помощью электроники, а изменение размеров диаметров пропускных отверстий выполняется с помощью электромагнитов или электродвигателем. Учитывая, что работа амортизаторов должна согласовываться со скоростным режимом автомобиля изменением положения машины на повороте и при торможении, в системе управления предусматривается ряд преобразователей (датчиков), отслеживающих то или иное состояние автомобиля и передающих информацию в электронный блок управления, передающий необходимый сигнал на исполнительные механизмы (электродвигатель и электромагнит).

В частности, на одной из моделей привод управления амортизатором состоит из электродвигателя, зубчатой передачи, электромагнита и управляющего стержня, выполненного совместно с кла-

паном, изменяющим силу сопротивления перетеканию жидкости. Изменение диаметра пропускного отверстия осуществляется путем поворота стержня на определенный угол. Привод, вращая управляющий стержень, открывает или перекрывает отверстие клапана, уменьшая или увеличивая площадь его сечения. Таким образом, в зависимости от характера и условий движения автомобиля осуществляется переход амортизатора на определенный режим. На автомобиле «Форд» предусмотрены два режима работы амортизатора: комфортабельный и спортивный. Комфортабельный режим соответствует небольшой величине сопротивления перетеканию жидкости, а спортивный — увеличению жесткости подвески, создавая большое сопротивление наклонам кузова при движении на повороте и «клевкам» при торможении, обеспечивая необходимую устойчивость.

4.2.5. Активные системы поддрессоривания

Основным показателем плавности хода автомобилей является средняя квадратическая величина вертикальных ускорений. При проектировании подвески конструкторы стремятся подобрать параметры упругой характеристики такими, чтобы величина ускорений была минимальной для широкого диапазона условий движения. Наиболее рациональной будет такая подвеска, которая следит за текущим значением микропрофиля дороги и оказывает непосредственное влияние на текущую величину ускорения поддрессоренной части (кузова). Такие подвески, воздействующие на основной измеритель плавности хода, называют активными.

Схема работы элементарной активной подвески рассмотрена на рис. 4.13, а. Кузов автомобиля 3 с помощью гидроцилиндра 2 соединен с осью колеса 1. Давление в гидроцилиндре 2, а следовательно, сила, с которой он действует на кузов 3, измеряется чувствительным элементом 4. Сигнал с чувствительного элемента 4 и задающего устройства 5 поступает в сравнивающее устройство 6, откуда результирующий сигнал подается на вход усилителя 7. Усиленный сигнал рассогласования поступает в гидрораспределитель 8. Питание системы осуществляется насосом 9; 10 — бак. При наезде колеса 1 на неровность давление в надпоршневой полости гидроцилиндра увеличивается, усиленный сигнал рассогласования передается в гидрораспределитель 8, который соединяет надпоршневую полость гидроцилиндра со сливной емкостью, а подпоршневую — с нагнетательной магистралью.

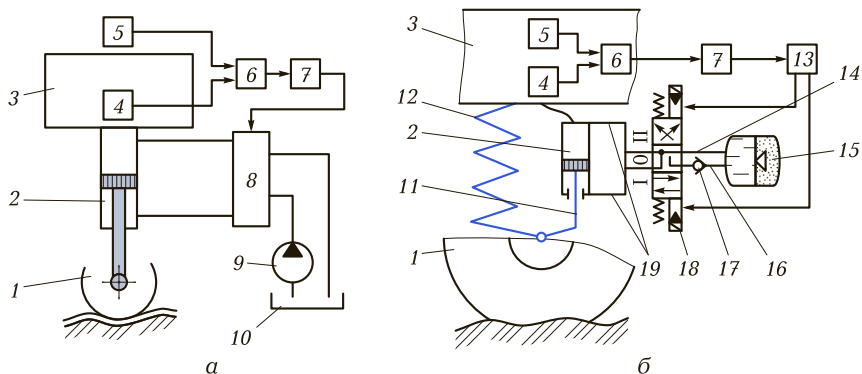


Рис. 4.13. Схемы работы активных подвесок с гидроприводом (а) и с поглощением колебаний (б):

1 — колесо; 2 — гидроцилиндр; 3 — кузов; 4 — чувствительный элемент (датчик); 5 — задающее устройство; 6 — сравнивающее устройство; 7, 13 — усилители; 8 — гидрораспределитель; 9 — насос; 10 — бак; 11 — шток гидроцилиндра; 12 — упругий элемент подвески; 14, 16, 19 — трубопроводы; 15 — компенсационная камера; 17 — обратный клапан; 18 — распределитель (O, I, II — позиции распределителя)

При опускании колеса все происходит наоборот; таким образом, при движении по неровностям кузовов автомобиля практически не перемещается вертикально относительно поверхности дороги. Однако такая система имеет ряд недостатков: высокие энергозатраты на привод исполнительного элемента гидроцилиндра; низкая надежность, обусловленная потерей подвижности транспортным средством при выходе из строя одного из элементов автоматики; возможность жестких ударов при резком изменении высоты неровности; необходимость в дополнительном устройстве для измерения рельефа местности и несущей способности грунта.

В случае применения активной подвески с упругим элементом поддрессоренная масса будет находиться в покое или совершать незначительные колебания, при которых максимумы кинетической энергии поддрессоренной части значительно меньше максимумов потенциальной энергии принудительной деформации упругих элементов, т.е. только незначительная часть потенциальной энергии переходит в кинетическую. Однако обеспечение оптимального по быстродействию гашения колебаний системы является обязательным. Принципиальная схема подвески, обеспечивающей гашение колебаний, представлена на рис. 4.13, б. Поддрессоренная масса (кузов) 3 опирается на упругий элемент подвески 12, связан-

ный с осью колеса 1. Параллельно упругому элементу 12 установлен исполнительный гидроцилиндр 2 с поршнем и штоком 11. Поршневая полость гидроцилиндров с помощью проводников-трубопроводов 19 соединена с распределителем 18, снабженным непрерывной электрогидравлической системой управления. Распределитель 18 имеет три позиции: I—0—II. С помощью трубопроводов 14 и 16 с обратным клапаном 17 гидравлический распределитель соединен с компенсационной камерой (пневмогидравлический аккумулятор) 15. Компенсатор заполнен жидкостью и газом с давлением, близким к атмосферному, и объемом, равным 3—4 объемам штока 11. При использовании гидроцилиндра с двухсторонним штоком компенсационная камера не требуется. Последовательно гидроцилиндру 2 и упругому элементу 12 установлен чувствительный элемент 4, предназначенный для измерения текущего значения суммарной силы, действующей на кузов 3 со стороны упругого элемента 12 и гидроцилиндра 2. В систему управления включено задающее устройство 5, формирующее сигнал, пропорциональный нагрузке на колесо и не зависящий от изменения микропрофиля дороги. Сигналы с чувствительного элемента 4 и задающего устройства 5 подаются в сравнивающее устройство 6, откуда сигнал рассогласования поступает на электрогидравлический усилитель 13, управляющий перемещением золотника распределителя 18.

В статическом положении и при движении по ровной дороге гидроцилиндр 2 не нагружен, так как его полости распределителем 18 соединены с компенсационной камерой 15, давление в которой близко к атмосферному. Поршень в гидроцилиндре находится в «плавающем» состоянии и его положение зависит от деформации упругого элемента 12; вес поддрессоренной части полностью воспринимается упругим элементом 12.

При наезде на выступающую неровность упругий элемент 12 сжимается, и сила, действующая через упругий элемент 12 на кузов автомобиля 3, увеличивается. На выходе сравнивающего устройства 6 появляется положительный сигнал рассогласования, пропорциональный увеличению силы, действующей на кузов. Сигнал, усиленный в устройствах 7 и 13, поступает в гидрораспределитель 18, устанавливая его в позицию I. В позиции 0 и II распределителя гидроцилиндр 2 не препятствует деформации упругого элемента 12, так как жидкость по трубопроводу 14 свободно перетекает в компенсационную камеру 15 и далее через трубопровод 16, обратный клапан 17 и распределитель 18 поступает в штоковую (подпоршневую) полость гидроцилиндра 2. При соответ-

ствующей компоновке гидроэлементов можно добиться сопротивления в гидропроводах, близкого к нулю. Установка распределителя в позицию I означает одностороннюю блокировку упругого элемента гидроцилиндром 2, так как гидроцилиндр не препятствует деформации сжатия упругого элемента, но, в то же время, не позволяет ему восстановить первоначальную деформацию (проходу жидкости из штоковой полости по трубопроводу 16 в компенсационную камеру препятствует обратный клапан 17). Следовательно, при возврате гидроцилиндр воспримет избыток силы, действующей на кузов 3 со стороны упругого элемента. Суммарное значение силы, действующей на кузов (и измеряемой чувствительным элементом 4), со стороны упругого элемента 12 и гидроцилиндра 2, становится равным статическому или заданному, что приведет к установке распределителя 18 в нейтральную позицию 0, и жидкость из штоковой полости перетечет в поршневую. При установке распределителя в нейтральную позицию упругий элемент 12 начнет разжиматься до момента превышения упругой силой заданного значения; в этом случае распределитель 18 займет позицию I, и клапан 17 будет препятствовать вытеканию жидкости из штоковой полости. При непрерывном управлении золотник распределителя установится в некоторое промежуточное положение, и на проходных щелях распределителя создастся определенный перепад давления, что приведет к частичной компенсации упругой силы при возврате в исходное положение. Точно так же можно проанализировать работу системы при попадании колеса во впадину. Таким образом, способ гашения колебаний сводится к тому, что, не препятствуя сжатию или растяжению упругих элементов подвесок, их задерживают в сжатом или растянутом положении до тех пор, пока суммарная величина силы, действующей на кузов автомобиля через подвеску, не примет заданное значение.

К активной подвеске можно отнести и опытную разработку электромагнитной подвески компании «БОУЗ». В этом случае автомобиль оснащен высокопроизводительными усилителями мощности, питающими напряжением катушку, расположенную вокруг цилиндра электромоторов-соленоидов, соединяющего ось колеса с кузовом. При наезде колеса на неровность блок управления получает информацию от датчиков, установленных на кузове, и практически мгновенно подает напряжение на катушку, создавая необходимое сопротивление подвески. Особенность работы данной системы заключается в том, что напряжение на катушку подается при сжатии, а при отбое высокоскоростные линейные электромоторы работают как генераторы, рекуперируя энергию.

4.3. АВТОМОБИЛЬНОЕ КОЛЕСО

Общие сведения. Колеса легковых автомобилей представляют собой металлический диск с неразборным ободом. Колеса разделяются на стальные и легкосплавные.

Стальные колеса изготавливают методом штамповки из листового металла с последующей сваркой составляющих элементов. Достоинством стальных колес является сравнительно невысокая стоимость и хорошие эксплуатационные качества. К недостаткам следует отнести большую массу колеса и несколько широкое поле допусков на изготовление, что требует тщательной балансировки.

Легкосплавные колеса изготавливают методом литья иликовки. В качестве материалов выступают сплавы на основе алюминия, магния и титана. Соответственно стоимость таких колес высокая. Колеса на основе магниевых сплавов требуют специального антикоррозионного покрытия. Легкосплавные колеса позволяют получать широкое разнообразие их по конструкции, внешнему виду и дизайну. Легкосплавные колеса обрабатывают на высокоточных металлорежущих станках, что практически исключает их биение после установки на автомобиль. Эти колеса имеют жесткую конструкцию и реже деформируются при эксплуатации. Защитное покрытие легкосплавных колес не уступает по стойкости лакокрасочным или хромированным покрытиям стальных.

Как стальные, так и легкосплавные колеса крепятся к ступицам болтами — от трех до шести — или гайками. Как болты, так и гайки должны иметь прижимную коническую или сферическую часть с углом конуса 60° ; для крепления легкосплавных колес применяют специальные болты или гайки с подголовком. Наиболее широко на крепежных элементах используется резьба диаметром 12 и 14 мм с шагом 1,25 или 1,5 мм с не менее чем пятью нитками резьбы.

Основные параметры колеса:

- посадочный диаметр, измеряемый в дюймах (12; 13; 14; 15 и т.д.);
- посадочная ширина обода под шину, измеряемая также в дюймах (4,0; 4,5; 5,0; 5,5 и т.д.) (В зарубежных каталогах дается обозначение P.C.D: диаметр, мм, окружности центров крепежных отверстий и ступиц.);
- максимально допустимая весовая нагрузка, выбиваемая на поверхности колеса.

На легковых автомобилях применяют пневматические камерные и бескамерные шины. **Камерная шина** состоит из покрышки и камеры. Покрышка состоит из каркаса, выполненного из прорезиненного корда — поперечно уложенных нитей из синтетического материала или металла с резиновыми прослойками; брекера (подушечного слоя); протектора; боковины и борта.

Особое значение в шине имеет протектор — слой резины, нанесенный на каркас и взаимодействующий с дорогой. Протектор предохраняет каркас шины от повреждений, а рельефный рисунок на его внешней поверхности обеспечивает сцепление шины с дорогой. В зависимости от рисунка протектора различаются шины для сезонной эксплуатации, состояния дороги и скоростного режима. На ряде шин на дне продольных канавок в рисунке протектора устраивают индикаторы износа — выступы высотой 1,6 мм и длиной по вершине 12 мм. При износе протектора на индикаторе появляются поперечные полосы, указывающие на предельный износ. Канавки протектора имеют большое значение для характера работы шины. Чем больше число и ширина канавок, тем больше способность шины предотвратить слеш-плэнинг (мокрый снег между шиной и дорогой) или аквапланирование (водяной клин между шиной и дорогой), которые могут привести к полной потере управляемости.

Крупные и высокие шашки протектора обеспечивают хорошую проходимость по неукатанному снегу, по грунтовым дорогам и местности. Однако такой рисунок протектора увеличивает шумность колес и ухудшает управляемость на дорогах с твердым покрытием. В шашках протектора имеются тонкие прорези (ламели), улучшающие сцепление шины с дорогой. Большинство зимних шин имеют протектор с направленным рисунком. Такой рисунок обеспечивает хорошее очищение шины и пятна контакта с дорогой от грязи и снега. В зимнее время применяют и шины с шипами. Шипы значительно увеличивают сцепление с покрытием дороги, особенно при наледи или на укатанном снегу. Недостатком шипов является снижение сцепления шины с сухим и влажным асфальтом. Поскольку шипы способствуют разрушению асфальта, то в некоторых странах применение шипованной резины запрещено.

По расположению нитей корда различают два типа шин: диагональные и радиальные. В **диагональных шинах** слои корда расположены перекрестно с углом наклона нитей к оси колеса 50... 52°. Нити корда подушечного слоя также расположены под некоторым углом к оси колеса. Каркас диагональной шины менее

подвержен повреждению от ударов, порезов и т.п. **Радиальные шины** отличаются от диагональных расположением нитей корда в каркасе, формой профиля, слойностью, особенностями подушечного слоя, бортовой части и протектора, качеством применяемых материалов. В радиальных шинах нити корда расположены радиально, идут параллельно друг другу от одного борта шины к другому. Число слоев корда вдвое меньше, чем у диагональной шины. Подушечный слой изготовлен из металлического или вискозного корда. По наружной поверхности радиальных слоев каркаса накладывается брекер — пояс, состоящий из нескольких слоев металлокорда или синтетики. Радиальные шины имеют более широкий профиль B , чем диагональные. Высота H профиля шины несколько снижена — $H/B = 0,7 \dots 0,85$. Радиальные шины по сравнению с диагональными имеют грузоподъемность больше на 15...20 %, характеризуются большей эластичностью (на 30...35 %), меньшим сопротивлением качению (на 10 %), меньшим нагревом при движении (на 20...30 °С), большим сроком службы (в 1,5—2 раза), лучшим сцеплением с дорогой. К недостаткам следует отнести большую шумность при движении на скоростях до 160 км/ч, что требует введения в подвеску специальных резиновых втулок и шарниров для поглощения шумов.

В радиальных шинах всегда следует тщательно контролировать давление, так как понижение давления способствует быстрому разрушению боковин. По сравнению с диагональной шиной радиальные шины более эластичны, обладают меньшей жесткостью и большим пятном контакта с дорогой. Широкопрофильные шины имеют H/B в пределах 60...30 % и предназначены для движения по скоростным дорогам с высококачественным покрытием. На радиальных шинах отношение H/B от 80 до 30 % входит в обозначение шины в виде индекса «80», «75», «70» и т.д. Ширина профиля шины B связана с шириной обода колеса соотношением $(0,7 \dots 0,75)B$, которое необходимо соблюдать при подборе шины к колесу. При шине одной и той же ширины узкое колесо ухудшает управляемость и устойчивость автомобиля, а более широкое способствует быстрому износу шины.

Бескамерная шина по бортам имеет уплотнительный слой и кольцевые уплотнения, обеспечивающие плотную посадку на обод колеса. Для исключения утечки воздуха внутренняя поверхность шины покрыта герметизирующим слоем резины толщиной примерно 2 мм, а борта шины содержат уплотняющий слой резины. Вентиль для накачивания воздухом бескамерной шины установлен на ободе и имеет в месте соединения два резиновых уплотнителя.

Маркировка шин. На боковине шины выполняется ее маркировка, где проставляется модель шины (Бл-85) и приводится ряд обозначений. Маркировка 6,15-13/155-13 означает: 6,15 — ширина профиля шины (*B*) в дюймах, 13 — посадочный диаметр шины (монтажный диаметр колеса) в дюймах, 155 — ширина профиля шины в миллиметрах (в ряде случаев вместо числа 13 может быть обозначение посадочного диаметра в миллиметрах, например 330). Для радиальной шины маркировка 165/70R13S78 Steel Radial Tubeless или TL имеет следующую расшифровку: 165 — ширина профиля шины (*B*) в миллиметрах, 70 — серия шины — отношение высоты профиля шины *H* к ее ширине *B* в процентах, R — радиальный корд, 13 — посадочный диаметр в дюймах, 78 — индекс грузоподъемности шины (коэффициент нагрузки), S — индекс максимально допустимой скорости, Steel Radial — радиальная шина с металлическим кордом, Tubeless — TL — бескамерная шина (камерная шина — TT — Tebetype); TWI — надпись в месте расположения индикатора износа; красная метка — номер технического контроля предприятия-изготовителя; группа цифр — неделя выпуска шины (от 1 до 52), год выпуска (например, 8 — это 1998), последующие цифры (например, 015613) — порядковый номер шины: круглая метка (белая, красная, зеленая) — отметка о балансировочных испытаниях (при монтаже шины, должна быть совмещена с вентилем); знак (например, <(B)>) — товарный знак предприятия-изготовителя; «E» в кружочке с цифровым индексом — знак аттестации шины в соответствии с Правилами № 30 ЕЭК ООН (цифра-индекс страны, проводившей сертификацию).

На боковой поверхности шин могут быть также и такие обозначения, как «M+S» — обозначение сезона эксплуатации; ROTATION со стрелкой, указывающей направление вращения; Side facing inwards (outwards) — надпись ориентации шины (сторона обращенная внутрь или наружу); PR — прочность, оцениваемая нормой слойности (для легковых автомобилей 4PR или «усиленная» — 6PR) и др.

Углы установки управляемых колес. При движении автомобиля силы, обусловленные взаимодействием колес с дорогой, стремятся изменить положение колес, отклонить их от заданной траектории движения. Поэтому установка колес в подвеске оказывает существенное влияние на устойчивость автомобиля, износ шин, топливную экономичность и, соответственно, безопасность движения. Одним из важнейших параметров установки колес является их стабилизация, т.е. способность возвращаться в исходное положение без участия водителя. Стабилизация управляемых колес

осуществляется наклоном осей поворота в продольной и поперечной плоскостях. Угол поперечного наклона оси поворота способствует автоматическому самовозврату колес к прямолинейному движению после поворота. Стабилизирующий момент зависит от величины угла наклона оси (эти углы достигают значений 10...15°).

Во время эксплуатации поперечный наклон оси поворота управляемых колес не регулируется. Наклон оси поворота в продольной плоскости выполняют таким, чтобы продолжение оси пересекало опорную поверхность колеса несколько впереди центра площади контакта шины с дорогой, образуя плечо. Такое положение оси поворота в продольной плоскости способствует стабилизации прямолинейного движения автомобиля при больших скоростях. Углы наклона оси поворота в продольной плоскости у легковых автомобилей составляют 1...4° и в процессе эксплуатации их необходимо регулировать.

Кроме углов наклона оси поворота колеса имеют развал и схождение. Угол развала определяется наклоном колес в вертикальной плоскости относительно оси автомобиля. Развал колес может быть положительным и отрицательным в зависимости от наклона колес от вертикали наружу или к автомобилю соответственно. Угол развала облегчает поворот управляемых колес и уменьшает нагрузку на подшипники ступицы колеса. Углы развала одного колеса для различных автомобилей находятся в пределах $\pm(30'...1^\circ)$.

Схождение колес оценивается разностью расстояний между колесами, измеренной в горизонтальной плоскости на высоте осей колес между краями ободьев. Нормальная величина схождения колес повышает устойчивость движения автомобиля, снижает расход топлива и износ шин. Схождение колес у легковых автомобилей находится в пределах 1...6 мм. Схождение колес регулируют изменением длины рулевых тяг, а развал — специальными установочными болтами в направляющем устройстве подвески. Наибольшая точность регулировки развала и схождения колес обеспечивается на полностью загруженном автомобиле.

Виды шин в зависимости от сезона. Шины разделяют на дорожные, универсальные и зимние. При этом дорожные шины могут быть летнего и всесезонного исполнения. Летние шины обеспечивают хорошее сцепление с сухим и мокрым покрытием дороги и обладают большой износостойкостью. Летние шины отличаются четкими продольными и слабовыделяемыми поперечными канавками рисунка протектора. На таких шинах обеспечивается реализация высоких скоростей движения по дорогам с твердым покрытием. На деформируемых грунтах такие

шины работают плохо, с низким сцеплением и частой пробуксовкой.

Всесезонные шины имеют более рельефный рисунок поперечных канавок и узкие прорезы дополнительного профилированного рисунка. Эти шины хорошо приспособлены для движения по дорогам различного покрытия, в том числе и при различных сезонных изменениях. Шины такой группы зарубежного производства имеют маркировку *all season* или какие-либо условные обозначения.

Универсальные шины предназначены для движения по любым дорогам. По сравнению с всесезонными шинами универсальные имеют более глубокий и разветвленный рисунок протектора. Зарубежные шины такой группы имеют маркировку «*M+S*» (*Mud and Snow* — грязь и снег).

Зимние шины отличаются высокорельефным с глубокими канавками рисунком протектора. Эти шины предназначены для работы на заснеженных и обледенелых дорогах. На зарубежных шинах указано строго определенное направление качения колеса такой группы. Зимние шины подвержены сильному износу по сравнению со всесезонными. На зимних шинах возможна установка шипов противоскольжения, обеспечивающих хорошее сцепление с дорогой за счет разрушения пленки влаги в зоне контакта колеса с дорогой.

4.4. ПОДШИПНИКИ И ШАРНИРЫ

Подшипники качения. Наличие в автомобиле узлов трения в различных системах обуславливает их влияние на долговечность, безопасность и комфорт. Долговечность подшипников качения во многом зависит от правильного подбора смазки и регулировки. Смазка поглощает энергию ударов и предотвращает усталостное разрушение подшипников. Смазка может быть пластическая (консистентная) или жидкая. Например, пластические смазки хорошо работают в подшипниках ступиц колес, образуя всегда тонкую жидкостную пленку при длительном пробеге и, соответственно, нагревании ступицы. Неправильный подбор смазки (в основном по теплостойкости) или ее недостаточность вызывает «скребущий» звук при вращении колеса, а в генераторах или насосах — прерывистое гудение. При недостатке смазки начинается сильный нагрев подшипника при работе, который может вызвать его заклинивание. Смазка по прочности и вязкости может быть мягкой и жесткой. Чем выше нагрузка на подшипник, тем большей вязко-

сти смазку целесообразно применять. При сборке подшипникового узла следует следить за правильным дозированием закладываемой смазки. Обычно в подшипнике работает не более 5 % смазки. При узле, полностью наполненном смазкой, может наблюдаться пробой уплотнений. Например, на роликовых подшипниках ступиц колес при работе выдавливается примерно 40 % смазки, которая нагревается и объем ее увеличивается, обуславливая дальнейшее ее выдавливание наружу через уплотнение или разрушение уплотнения. Как правило, смазка в подшипниковом узле должна заполнять пространство до торцов колец подшипника, а остальная подшипниковая полость должна быть заполнена не более чем на $1/2$ или $2/3$.

В карданных шарнирах используют игольчатые подшипники. При работе кольца подшипника не вращаются, а колеблются одно относительно другого (бринеллируют), образуя канавки на дорожках в местах контакта с иголками. В результате появляется люфт и карданный вал начинает «греться». Для игольчатых подшипников кардана можно использовать любые консистентные смазки.

Шаровые шарниры. Долговечность шарниров подвески и рулевого управления зависит не только от дорожных условий, но и от герметичности узла и его смазки. Эти шарниры постоянно работают в тяжелых условиях: грязевые ванны, вода, пыль, песок и др. Особенно уязвимы для загрязнителей полугерметизируемые шарниры с пресс-масленками. Поэтому в настоящее время в автомобилях большинство шарнирных соединений выполнено закрытыми и, соответственно, герметичными. В отличие от подшипников качения шаровой шарнир должен быть заполнен смазкой полностью.

Для различных узлов трения можно рекомендовать использование следующих отечественных смазок. ЦИАТИМ-201 можно применять только для смазывания пар трения с небольшими удельными нагрузками: различные оси, валики, подшипники скольжения, направляющие петли, тросы в оболочках и др. Смазки ШРБ-4, «Литол-24», «Фиол 1-3» применяют для шарниров подвесок и рулевого управления, регулируемых подшипников ступиц передних колес с дисковыми тормозами, ступиц передних и задних колес с барабанными тормозами, подшипников промежуточной опоры кардана, генератора, стартера, а также других электродвигателей. Для игольчатых подшипников карданных шарниров рекомендуется применять смазки «Униол-1», ШРБ-4 и солидолы (УС). Причем солидолы нецелесообразно применять для узлов автомобилей эксплуатируемых в горной местности, в условиях интенсивного городского движения и при температуре воздуха более $+25^{\circ}\text{C}$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение и состав ходовой части автомобиля.
2. Назовите назначение подвески автомобиля и ее основных узлов.
3. В чем состоит различие между зависимой и независимой подвесками колес?
4. Объясните, как работают регулируемые и активные системы поддрессоривания автомобиля.
5. Из каких основных частей состоит автомобильное колесо?

РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ

5.1. РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ

5.1.1. Назначение и принципы действия

Рулевое управление служит для осуществления движения автомобиля в желаемом направлении. Рулевое управление, включающее в себя рулевой механизм, рулевой привод, а у некоторых автомобилей рулевой усилитель является устройством, в значительной степени обеспечивающим безопасность движения, поэтому к нему предъявляют высокие требования, как в процессе производства, так и при эксплуатации. На легковых автомобилях управление осуществляется поворотом управляемых колес, причем в двухосных автомобилях, как правило, управляемыми выступают передние колеса. В автомобилях, которые должны обладать повышенной маневренностью и проходимостью, иногда все колеса выполняют управляемыми и ведущими, что позволяет снизить минимальный радиус поворота и одновременно уменьшить сопротивление движению на повороте. Уменьшение сопротивления движения на повороте объясняется тем, что, например, двухосный автомобиль со всеми управляемыми колесами прокладывает на повороте две колеи вместо четырех при одной паре передних управляемых колес. Обычно при движении по хорошей дороге управление задними колесами блокируют, чтобы не нарушить устойчивости движения на больших скоростях из-за зазоров в рулевом приводе.

Расстояние от центра поворота автомобиля до центра пятна контакта шины с дорогой (оси следа) внешнего колеса при наибольшем угле поворота управляемых колес обычно приводится в технических характеристиках автомобилей и называется минимальным радиусом поворота.

Для того чтобы исключить боковое скольжение колес при движении автомобиля на повороте, траектории всех колес должны представлять собой дуги концентрических окружностей с общим центром. Для этого управляемые колеса должны быть повернуты на разные углы. Связь между углами поворота наружного и внутреннего колес осуществляется при помощи рулевой трапеции.

5.1.2. Рулевой механизм

Рулевой механизм включает в себя рулевую передачу, размещенную в картере, рулевой вал, рулевую колонку и рулевое колесо.

Из условий компоновки рулевого механизма рулевой вал может состоять из двух или трех частей, соединяемых карданными шарнирами.

На легковых автомобилях устанавливают рулевые механизмы различной конструкции. В частности, шестеренные рулевые механизмы выполняют в виде редуктора из зубчатых колес (применяется редко) или в виде пары из шестерни и рейки.

Реечные рулевые механизмы получают все более широкое распространение на легковых автомобилях малого, среднего и даже большого классов. Достоинствами реечных рулевых механизмов являются простота и компактность конструкции, обеспечивающие им наименьшую стоимость по сравнению с рулевыми механизмами других типов, высокий КПД. С реечным рулевым механизмом можно применять четырехшарнирный рулевой привод при независимой подвеске колес. Из-за высокого значения обратного КПД такой механизм без усилителя целесообразно устанавливать только на легковых автомобилях малого класса, так как в этом случае толчки со стороны дороги, которые передаются на рулевое колесо, в некоторой степени могут поглощаться в результате трения рейки и металлокерамического упора. На легковых автомобилях более высокого класса необходим рулевой усилитель, который поглощает толчки.

Червячные рулевые механизмы применяют как на легковых, так и на грузовых автомобилях и автобусах. Наибольшее распространение получили червячно-роликовые рулевые механизмы. Рулевые пары состоят из глобоидного червяка и двух- или трехгребневого ролика. В редких случаях для автомобилей особо малого класса применяют одногребневый ролик. Упрощенная схема червячно-роликовой рулевой пары показана на рис. 5.1, а. Глобоидный червяк 3 предназначен для увеличения рабочего угла (угла, определяемого зацеплением рулевой пары) поворота вала 1 сошки.

Червяк устанавливают на радиально-упорных шариковых или конических роликовых подшипниках, а ролик 2 — на шариковых или игольчатых подшипниках в пазу вала сошки. Иногда и в опорах вала сошки используют подшипники качения. Все это обеспечивает таким механизмам сравнительно высокий КПД.

Передаточное число рулевых механизмов с двух- и трехгребневым роликом, определяемое отношением числа зубьев червячного колеса (ролик рассматривается как сектор червячного колеса) к числу заходов червяка, практически постоянное. Червяк, как правило, однозаходный. Зазор в зацеплении ролика с червяком переменный, что может быть обеспечено при разных значениях радиусов r_2 дуги образующей червяка и r_1 траектории ролика. Разница этих радиусов позволяет регулировать зазор в зацеплении, т.е. сближать элементы пары, не опасаясь их заклинивания в крайних

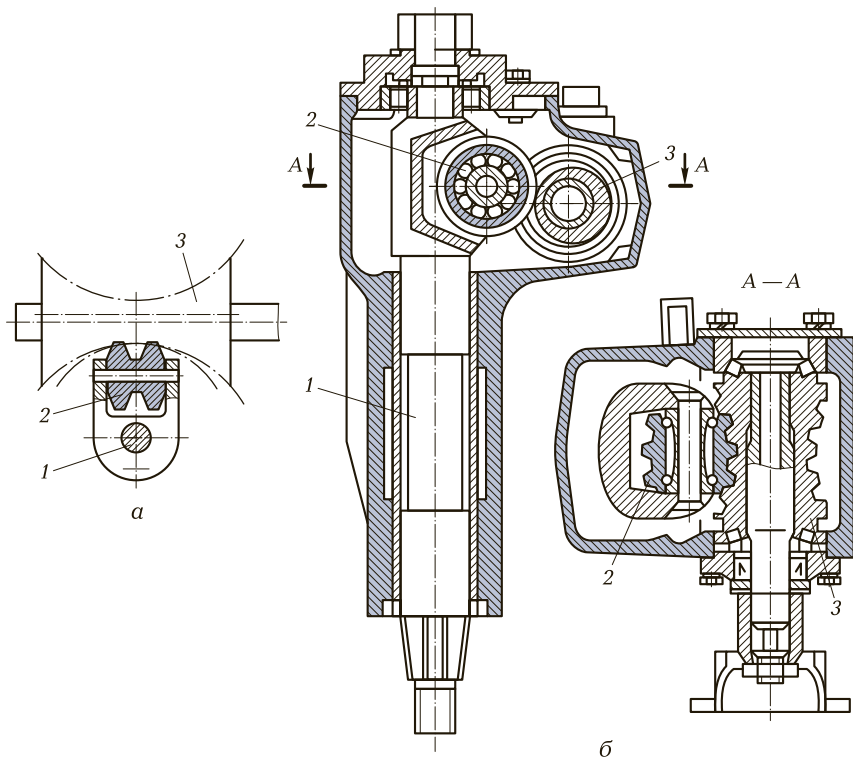


Рис. 5.1. Червячно-роликовый рулевой механизм:

а — схема действия; б — устройство; 1 — вал сошки; 2 — ролик; 3 — глобоидный червяк

положениях. Для расширения зоны безззорного зацепления в ряде конструкций червячно-роликовых пар червяк посажен эксцентрично относительно оси рулевого вала.

Червячно-роликовая пара, устанавливаемая на автомобилях (рис. 5.1, б), имеет, как и все механизмы такого типа, две регулировки: осевого зазора при помощи прокладок под передней крышкой и зацепления при помощи регулировочного винта, перемещающего вал 1 сошки вместе с роликом 2, начальное смещение оси которого относительно оси червяка 3 составляет 6...6,5 мм.

Винтовые рулевые механизмы могут иметь различное конструктивное исполнение: винторычажные (винт — гайка — рычаг, качающийся винт и гайка, винт и качающаяся гайка) и винтореечные.

Травмобезопасный рулевой механизм — один из элементов пассивной безопасности автомобиля. Рулевой механизм может быть причиной серьезной травмы водителя при лобовом столкновении автомобиля с препятствием. Травма может быть нанесена при смятии передней части автомобиля, когда весь рулевой механизм перемещается в сторону водителя. Поэтому картер рулевого механизма необходимо располагать в таком месте, где деформация при лобовом столкновении будет наименьшей. Водитель может получить травму также при резком перемещении вперед в результате лобового столкновения. Ремни безопасности при слабом их натяжении не предохраняют от столкновения с рулевым колесом или рулевым валом, когда перемещение вперед составляет 300...400 мм. Для пассажиров такое перемещение обычно не приводит к опасным последствиям. По статистике лобовые столкновения автомобилей составляют свыше 50 % всех дорожно-транспортных происшествий. Вследствие этого как международные, так и национальные правила предписывают установку на автомобилях травмобезопасных рулевых механизмов.

Существуют некоторые нормативы для испытания травмобезопасных рулевых механизмов. Так, при лобовом ударе (удар о бетонный куб при движении со скоростью 14 м/с (примерно 50 км/ч) верхний конец рулевого вала не должен перемещаться внутрь салона (кабины) в горизонтальном направлении более чем на 127 мм (5"). На специальном манекене регистрируется величина усилия в горизонтальном направлении (на уровне груди манекена) при скорости 5,5 м/с (примерно 24 км/ч). Это усилие не должно превосходить 11,34 кН.

Основное требование к травмобезопасным рулевым механизмам — поглощение энергии удара, и, следовательно, снижение

усилия, наносящего травму водителю. Первоначально для придания рулевым механизмам травмобезопасных свойств, конструкторы предложили применять рулевое колесо с утопленной ступицей и с двумя спицами, что позволило значительно снизить тяжесть наносимых повреждений при ударе. В дальнейшем, кроме того, стали устанавливать специальный энергопоглощающий элемент.

В рулевой колонке полноприводного автомобиля ВАЗ (рис. 5.2, а) рулевой вал состоит из трех частей, связанных карданными шарнирами. При лобовом столкновении, когда передняя часть автомобиля деформируется, рулевой вал складывается, при этом перемещение верхней части рулевого механизма внутрь салона незначительно. Перемещение рулевого механизма сопровождается некоторым поглощением энергии удара на деформацию кронштейна крепления рулевого вала. Особенность крепления крон-

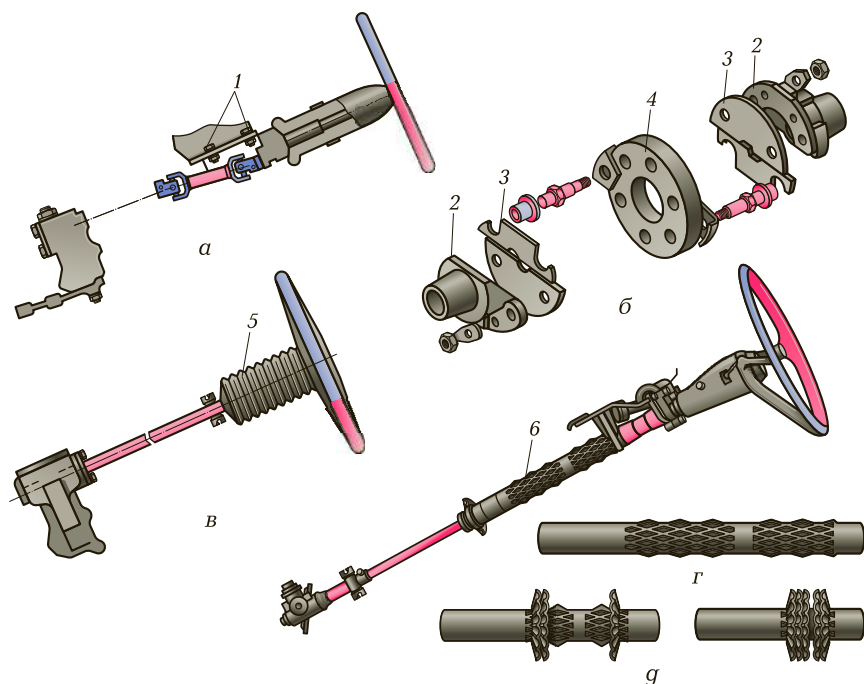


Рис. 5.2. Травмобезопасные рулевые колонки:

а — автомобиля ВАЗ; б — автомобиля ГАЗ; в — с энергопоглощающим сильфоном; г — с перфорированным трубчатым рулевым валом; д — деформация перфорированного трубчатого вала; 1 — болты; 2 — фланец; 3 — предохранительная пластина; 4 — резиновая муфта; 5 — сильфон; 6 — перфорированный рулевой вал

штейна заключается в том, что два из четырех болтов 1 (передние) крепят кронштейн через пластинчатые шайбы, которые при ударе деформируются и проваливаются через прямоугольные отверстия кронштейна, а сам кронштейн деформируется, поворачиваясь относительно фиксированных точек крепления. На автомобиле ГАЗ (рис. 5.2, б) энергопоглощающий элемент травмобезопасного рулевого механизма представляет собой резиновую муфту 4, установленную между верхней и нижней частями рулевого вала. В ряде зарубежных конструкций энергопоглощающим элементом рулевого механизма служит сильфон 5 (рис. 5.2, в), соединяющий рулевое колесо с рулевым валом или сам рулевой вал, в верхней части представляющий собой перфорированную трубу 6 (рис. 5.2, г). На рис. 5.2, г показаны последовательно фазы деформации перфорированной трубы и максимальная деформация, которая для этой конструкции значительна. Некоторое применение нашли энергопоглощающие элементы рулевых механизмов, в которых две части рулевого вала соединены при помощи нескольких продольных пластин, привариваемых к концам соединяемых валов и деформирующихся при ударе. Такое энергопоглощающее устройство носит название «японский фонарик».

Серийные модели «Ауди» оборудованы системой безопасности «Прокон-тен» (Procon-ten): Procon = Programmed Contraction — запрограммированное складывание рулевой колонки при несчастном случае; ten = Tension — натяжение, автоматическое напряжение передних ремней безопасности. При наличии системы Procon-ten в верхней части рулевой колонки закреплен необслуживаемый трос из коррозионно-стойкой стали, его нижняя часть полиспастно проложена вокруг коробки и закреплена на кузове. В случае сильного фронтального удара двигатель с коробкой смещаются относительно кузова назад. Благодаря этому трос оттягивает рулевое колесо вниз и выводит его из области возможного контакта с водителем. Одновременно срабатывает ten-система, натягивая ремни безопасности.

5.1.3. Рулевой привод

Рулевой привод включает в себя рулевую трапецию, рычаги и тяги, связывающие рулевой механизм с рулевой трапецией, а также рулевой усилитель, устанавливаемый на ряде автомобилей.

Рулевую трапецию в зависимости от компоновочных возможностей (рис. 5.3) располагают перед передней осью (передняя рулевая трапеция) или за ней (задняя рулевая трапеция). При зави-

симой подвеске колес применяют трапеции с цельной поперечной тягой; при независимой подвеске — трапеции с расчлененной поперечной тягой, что необходимо для предотвращения самопроизвольного поворота управляемых колес при колебаниях автомобиля на подвеске. С этой целью шарниры разрезной поперечной тяги должны располагаться так, чтобы колебания автомобиля не вызывали их поворота относительно шкворней. При зависимой и независимой подвесках могут применяться как задняя (см. рис. 5.3, *а*), так и передняя (см. рис. 5.3, *б*) трапеции. На рис. 5.3, *в—е* приведены схемы задних трапеций независимых подвесок с разным числом шарниров.

Поперечная тяга обычно представляет собой бесшовную трубу, на резьбовые концы которой наворачивают наконечники с шаровыми пальцами. Длина поперечной тяги должна быть регулируемой, так как она определяет сходжение колес. При зависимой подвеске, когда применяется неразрезная трапеция, регулирование выполняют поворотом поперечной тяги относительно наконечников (при освобождении стопорных гаек). Так как резьба, нарезанная на концах тяги, имеет разное направление, то поворот тяги вызывает изменение расстояния между наконечниками (шарнирами). Часто шаг резьбы на разных концах тяги делают неодинаковым для более точной регулировки.

Наличие зазора в шарнирах поперечной тяги недопустимо, поэтому предпочтительно применение шарниров с автоматическим регулированием зазора в процессе изнашивания, что возможно, когда усилие пружины 2 направлено по оси шарового пальца 1 (рис. 5.4, *а*). На рис. 5.4, *б* показан шарнир поперечной тяги, где

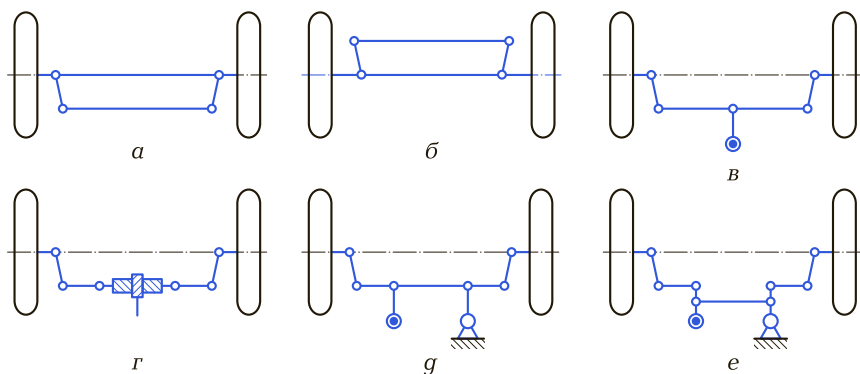


Рис. 5.3. Схемы вариантов размещения (*а—е*) рулевых трапеций

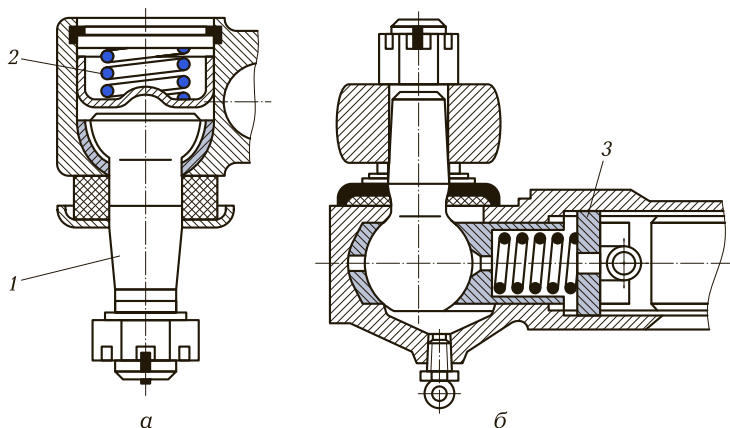


Рис. 5.4. Устройство шарниров рулевых тяг с регулированием зазора: а — автоматическим; б — с помощью пружины; 1 — шаровой палец; 2 — пружина; 3 — гайка

зазор, образовавшийся в результате изнашивания, выбирают, вращая гайку 3, сжимающую пружину, для чего необходимо снять наконечник тяги.

Продольная тяга, связывающая сошку с поворотным рычагом, применяется главным образом при зависимой подвеске.

5.1.4. Рулевые усилители

Общие сведения. Рулевые усилители устанавливают на легковые автомобили высокого класса, при этом облегчается управление автомобилем, повышается его маневренность, увеличивается безопасность при разрыве шины (автомобиль можно удержать на заданной траектории). Следует отметить, что при применении усилителя несколько повышается износ шин, а также ухудшается стабилизация управляемых колес.

Усилитель, включенный в рулевое управление, имеет следующие обязательные элементы: источник питания (в пневмоусилителе — компрессор, в гидроусилителе — гидронасос); распределительное устройство; исполнительное устройство — пневмо- или гидроцилиндр, создающий необходимое усилие.

Гидроусилители. В настоящее время в основном применяют гидроусилители с золотниковыми распределителями. Гидроусилители имеют небольшие размеры благодаря высокому рабочему дав-

лению (6...10 МПа) и малое время срабатывания (0,2...2,4 с). Они обеспечивают поглощение ударов и толчков, воспринимаемых управляемыми колесами со стороны дороги и передаваемых на рулевое колесо. Вместе с тем, при применении гидроусилителя несколько снижается стабилизация управляемых колес, так как стабилизирующий момент на колесах должен преодолевать сопротивление жидкости в гидроусилителе. Гидроусилители должны иметь надежные уплотнения, так как течь жидкости приводит к выходу гидроусилителя из строя.

Пневмоусилители в настоящее время применяют редко, поскольку они имеют значительные недостатки: большое время срабатывания (в 5—10 раз больше, чем у гидроусилителей) и повышенные размеры, что связано с невысоким рабочим давлением (0,6...0,8 МПа).

Существует несколько схем компоновки элементов гидроусилителей, каждой из которых присущи как достоинства, так и недостатки.

Схема № 1 (рис. 5.5, а). Рулевой механизм РМ, гидрораспределитель ГР и гидроцилиндр ГЦ представляют собой единый агрегат, который называют усилителем интегрального типа (гидроруль); гидронасос ГН и бачок с рабочей жидкостью Б расположены отдельно. Такая компоновка применяется на многих автомобилях. Достоинства схемы: компактность и малая длина трубопроводов. При расположении гидрораспределителя перед рулевым механизмом сокращается время срабатывания усилителя. К недостаткам схемы следует отнести нагружение всех деталей рулевого управления усилием гидроцилиндра. Нагружается также кронштейн (или рама) в месте крепления картера гидроруля.

Схема № 2 (рис. 5.5, б). В усилителе этого типа гидрораспределитель смонтирован в одном блоке с гидроцилиндром отдельно от рулевого механизма. Достоинства схемы: возможность применения рулевого механизма любой конструкции, меньшая сложность и стоимость по сравнению со схемой № 1, несколько меньшее число нагруженных гидроусилителем деталей.

Осевой золотниковый гидрораспределитель своим корпусом закреплен на корпусе шаровых шарниров, который, в свою очередь, связан с гидроцилиндром при помощи резьбового соединения. Шаровой палец рулевой сошки помещен в стакане, который может перемещаться вместе с пальцем в осевом направлении в пределах 4 мм, перемещая одновременно закрепленный в стакане золотник гидрораспределителя. Шаровой палец соединен с продольной рулевой тягой. В нейтральном положении золотник цен-

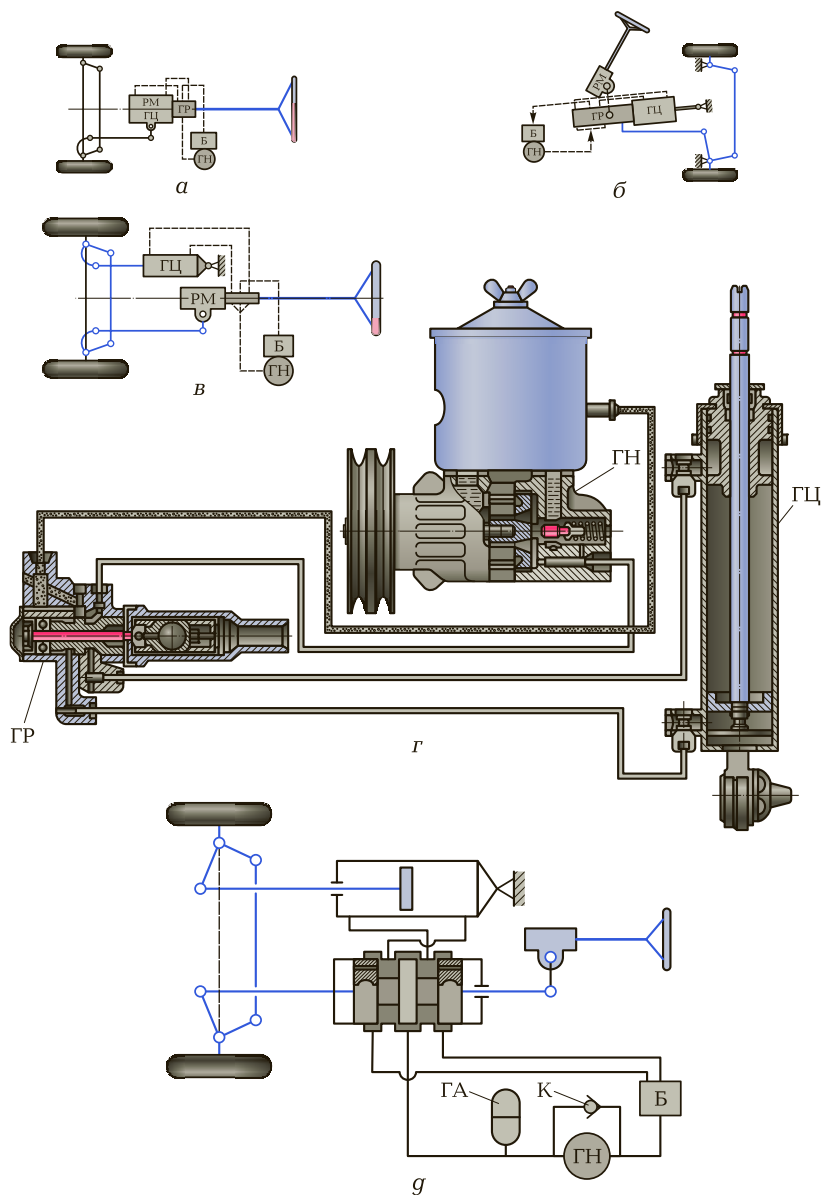


Рис. 5.5. Схемы компоновки гидроусилителей:

а — по схеме № 1; б — по схеме № 2; в — по схеме № 3; г — по схеме № 4; д — компоновка гидроусилителя с гидрораспределителем с закрытым центром; РМ — рулевой механизм; ГР — гидрораспределитель; ГЦ — гидроцилиндр; ГН — гидронасос; Б — бак; ГА — гидроаккумулятор; К — клапан

трируется реактивными камерами, центрирующие пружины отсутствуют. Гидроусилитель обладает большой чувствительностью, включаясь при перемещении золотника на 0,4...0,6 мм.

Схема № 3 (рис. 5.5, в). Гидрораспределитель расположен перед рулевым механизмом, а гидроцилиндр — отдельно. При установке гидрораспределителя перед рулевым механизмом увеличивается чувствительность гидроусилителя. Недостатком схемы является большая длина трубопроводов, особенно если гидроцилиндр размещен на удалении от рулевого механизма.

Схема № 4 (рис. 5.5, г). Отличительная особенность этой схемы — раздельное размещение всех элементов гидроусилителя. Достоинством схемы является свободная компоновка, возможность применения рулевого механизма любой конструкции. Основной недостаток — большая длина трубопроводов. Следует отметить, что большая длина трубопроводов между гидрораспределителем и гидроцилиндром в любой конструкции гидроусилителя часто приводит к пульсации давления в системе и возбуждению колебаний управляемых колес.

Рассмотрим рабочий процесс усилителя по схеме № 4. При удержании рулевого колеса в нейтральном положении золотник гидрораспределителя ГР, шарнирно связанный с сошкой рулевого механизма, также находится в нейтральном (среднем) положении. Нагнетаемое гидронасосом ГН масло свободно циркулирует через открытый центр гидрораспределителя на слив в бачок, конструктивно объединенный с гидронасосом. В гидроцилиндре ГЦ по обе стороны поршня устанавливается одинаковое давление слива. При повороте рулевого колеса, например, влево золотник перемещается относительно корпуса гидрораспределителя в направлении, в котором продольная тяга должна обеспечивать поворот управляемых колес влево. При таком перемещении золотника левая полость гидроцилиндра соединяется с напорной гидролинией насоса, а правая полость — со сливной гидролинией. В левой полости гидроцилиндра создается давление, под действием которого поршень перемещается вправо, передавая через шток усилие на поворотный рычаг в направлении, соответствующем повороту управляемых колес влево.

При совершении поворота с постоянным радиусом, когда рулевое колесо остановлено в повернутом положении, золотник распределителя также остановлен. Если не учитывать стабилизирующие моменты на управляемых колесах автомобиля, то можно считать, что золотник занимает нейтральное положение, а усилитель выключен. Однако при наличии стабилизирующих моментов за

счет обратной связи усилие от них передается на корпус гидрораспределителя и последний продолжает перемещаться до тех пор, пока золотник не займет несколько смещенное относительно нейтрального положение. При этом правая полость гидроцилиндра будет по-прежнему сообщаться со сливной гидролинией, а в левой полости в результате дросселирования масла через щелевой зазор между кромкой золотника и корпусом будет поддерживаться некоторое давление, достаточное для удержания колес в повернутом состоянии, когда на них действует стабилизирующий момент, стремящийся вернуть колеса в нейтральное положение.

Каждому фиксированному углу поворота рулевого колеса соответствует пропорциональное ему фиксированное положение управляемых колес. Таким образом, гидрораспределитель обеспечивает кинематическое следящее действие.

Гидрораспределитель обеспечивает также силовое следящее действие в результате того, что момент сопротивления повороту управляемых колес уравнивается суммарным моментом сил, действующих на продольную тягу и шток гидроцилиндра.

Установлено, что момент сопротивления повороту управляемых колес связан с усилием на рулевом колесе прямо пропорциональной зависимостью.

Во всех рассмотренных гидроусилителях гидрораспределитель носит название «гидрораспределитель с открытым центром», так как в нейтральном положении золотника центральный канал корпуса гидрораспределителя открыт и масло, нагнетаемое гидронасосом, циркулирует по замкнутому кругу: гидронасос — гидрораспределитель — бачок — гидронасос. Иногда на автомобилях применяют гидрораспределители с закрытым центром (рис. 5.5, *г*), в которых центральный канал их корпуса в нейтральном положении золотника перекрыт кромками среднего пояска. В этом случае гидронасос нагнетает масло в специальный гидроаккумулятор ГА и только после его заполнения масло через разгрузочный клапан К перепускается на вход насоса. Таким образом, гидронасос постоянно работает под нагрузкой. Основное достоинство системы — постоянная готовность к действию, например, при остановившемся двигателе; кроме того, гидроаккумулятор обычно используют также для тормозного гидропривода.

Гидрораспределитель только с реактивными камерами обеспечивает кинематическое и силовое следящее действие — автоматическая установка золотника в нейтральное положение происходит за счет уравнивания давлений в обеих реактивных камерах. При случайном смещении корпуса гидрораспределителя относи-

тельно золотника (например, при встрече одного из колес с препятствием) в одной из реактивных камер возникает давление напора, а в противоположной реактивной камере — давление слива. Разность давлений заставляет золотник вернуться в нейтральное положение. Включение гидроусилителя с таким гидрораспределителем происходит при самом малом значении силы, приложенной к рулевому колесу.

Гидрораспределитель с реактивными камерами и центрирующими пружинами также обеспечивает кинематическое и силовое следящее действие — гидроусилитель включается только тогда, когда на рулевом колесе приложена сила, достаточная для деформации центрирующих пружин. Гидроусилитель с таким гидрораспределителем обладает меньшей чувствительностью, но в то же время центрирующие пружины распределителя создают препятствие случайному обратному включению гидроусилителя и возмущению влиянию управляемых колес.

Гидрораспределитель с центрирующими пружинами, но без реактивных камер обеспечивает только кинематическое следящее действие, а усилие, создаваемое гидроусилителем, постоянно.

В последние годы нашли широкое применение **роторные гидрораспределители**, в которых золотник при повороте рулевого колеса также поворачивается, открывая окна, через которые масло, нагнетаемое гидронасосом, поступает в соответствующую полость гидроцилиндра, а в нейтральном положении золотника циркулирует по кругу: гидронасос — гидрораспределитель — бачок — гидронасос. Роторные гидрораспределители компактны и имеют высокую чувствительность и малую металлоемкость.

Для питания гидроусилителей применяют гидронасосы различных конструкций: лопастные, шестеренные, героторные (специальные шестерни с внутренним зацеплением), плунжерные. Привод гидронасоса клиноременный или зубчатый от двигателя. Подача гидронасоса должна обеспечивать заполнение гидроцилиндра при максимальной угловой скорости поворота рулевого колеса и малой частоте вращения коленчатого вала двигателя. Обычно подача гидронасоса указывается при частоте вращения коленчатого вала двигателя 500...1 000 мин⁻¹. Подачу гидронасоса выбирают в зависимости от типа автомобиля, на котором устанавливается гидроусилитель. При указанной выше частоте вращения коленчатого вала двигателя подача гидронасоса может быть в пределах от 6 до 60 л/мин. Большие подачи необходимы на автомобилях, где гидронасос обслуживает не только гидроусилитель, но и других потребителей. Давление, создаваемое гидро-

насосом, находится в пределах 6...10 МПа. Мощность, потребляемая на привод гидронасоса, составляет 2...4 % мощности двигателя автомобиля. В качестве рабочей жидкости в гидроусилителях применяют специальное масло с противозадирными и стабилизирующими присадками.

Несколько лет назад появились серийные гидроусилители с электронной регулировкой работы распределителя в зависимости от скорости. В американской системе «Магиастир» производства компании «Дельфи», которой снабжены некоторые автомобили концерна «Дженерал Моторс» («Шевроле Корвет», многие модели «Кадилак»), с помощью электромагнитного устройства изменяется жесткость торсиона следящего устройства. А в немецких гидроусилителях «Сервотроник», которые стоят на машинах «Ауди» А6 и А8, «БМВ» пятой и седьмой серий и всех моделях «Ягуар», на помощь золотнику приходит электрогидравлический модулятор давления — с ростом скорости по сигналу от управляющего блока он ограничивает давление в рабочем контуре, и помощь гидроусилителя сходит на нет.

Существует еще один вариант решения — приводить насос гидроусилителя не от коленчатого вала двигателя, а от электромотора. Тогда с помощью электроники, изменяя частоту вращения электропривода, можно варьировать производительность насоса. Такая схема применена в гидроусилителях автомобилей «Мерседес» А-класса. Возможно также изменять передаточное отношение рулевого механизма. Для этого существует несколько схем речных рулевых механизмов. Например, фирма ZF использует зубья рейки с переменным профилем: в околонулевой зоне зубья треугольные, а ближе к краям — трапецеидальной формы. Шестерня входит с ними в зацепление с разным плечом, что и позволяет несколько изменить передаточное отношение. Другой, более сложный вариант использовала «Хонда» на автомобиле NSX в сочетании с электроусилителем. Здесь зубья рейки и шестерни сделаны с переменным шагом, профилем и кривизной. Это позволяет варьировать передаточное отношение в гораздо более широких пределах.

Фирма «Хонда» продемонстрировала и другой подход. Конструкция представляет собой две рейки, установленные коаксиально одна в другой и связанные через червячный привод с электромотором. Одна рейка вращается шестерней рулевого вала, а другая связана с рулевыми тягами. По сигналу от управляющего блока электродвигатель подает ведомую рейку вправо или влево от ведущей, и колеса поворачиваются на больший угол.

Электроусилители. Использование электрической энергии в усилителях расширяет возможности оптимизации характеристик рулевого управления автомобиля с позиций управляемости, устойчивости движения и эргономики. Электрические усилители с использованием малогабаритных высокооборотных регулируемых двигателей постоянного тока обладают высоким быстродействием и обеспечивают усилителю точное следящее действие. Электрические усилители легко сочетаются с электронными системами управления, включающими в себя микропроцессоры. Подобные системы управления режимом работы усилителя обладают большими возможностями логической обработки исходной информации — сигналов различных датчиков — при выработке управляющего воздействия. Электронные системы управления могут быть многорежимными или программируемыми для учета особенностей конкретного автомобиля и условий его эксплуатации.

Принцип работы электроусилителя следующий. На торсионе следящего устройства стоит датчик, и в зависимости от его сигнала электроника подает ток нужной полярности и силы на обмотки электромотора, связанного с рулевым механизмом через червячную передачу. А по сигналам от датчика скорости можно изменять характеристику усилителя в соответствии с любой заложенной в память блока зависимостью. Уменьшению габаритных размеров электрических усилителей способствует применение планетарных редукторов, которые удобно komponуются соосно с рулевым валом. Использование гибких валов, соединяющих электродвигатель и редуктор, также облегчает компоновку электроусилителей на автомобиле. Применяют два варианта компоновки усилителя: на рулевом валу и на карте реечной рулевой передачи. Преимущества электроусилителя очевидны: он проще и дешевле в производстве и монтаже; отсутствуют шланги, ремни, шкивы, насосы, прецизионная гидравлика и т.д.; его можно разместить в любом месте рулевого привода — в начале или в конце вала или непосредственно на рейке; он позволяет легко настроить реактивное действие на руле, связав его с другими электронными системами, и экономить топливо, отключая электромотор на большой скорости. Недостаток электроусилителя — потребление большого тока (десятки ампер). В настоящее время электроусилителем оснащен автомобиль «Тойота Приус». Но судя по тому, что электроусилители разработали все без исключения поставщики рулевых приводов, они скоро станут применяться и на прочих зарубежных автомобилях, во всяком случае, на легковых.

На автомобилях ВАЗ установлено рулевое управление с левым расположением, передними управляемыми колесами и с травмо-

безопасным рулем. Травмобезопасность на автомобилях ВАЗ обеспечивается конструкцией промежуточного вала рулевого колеса и специальным креплением рулевого вала к кузову автомобиля или специальным гасящим (демпфирующим) устройством, через которое рулевое колесо крепится к рулевому валу.

5.2. ТОРМОЗНЫЕ СИСТЕМЫ

5.2.1. Тормозные механизмы

Тормозные системы служат для снижения скорости движения автомобиля с желаемой интенсивностью вплоть до полной остановки и удержания его на месте при необходимости.

Нормативные документы требуют наличия следующих тормозных систем на автомобилях:

- рабочей тормозной системы, используемой для снижения скорости движущегося автомобиля вплоть до полной остановки;
- стояночной тормозной системы, служащей для удержания автомобиля на месте при стоянке (например, на уклоне);
- запасной тормозной системы, приводимой в действие при выходе из строя рабочей тормозной системы.

Кроме того, на ряде автомобилей устанавливают вспомогательную тормозную систему, используемую при длительном торможении, например при торможении на затяжном пологом спуске в горных районах. Для этих целей применяют так называемые тормоза-замедлители.

Каждая из перечисленных тормозных систем включает в себя один или несколько тормозных механизмов и тормозной привод.

Принудительное замедление автомобиля может осуществляться различными способами: механическим (фрикционным), гидравлическим, электрическим, внеколесным торможением.

Наиболее широко на автомобилях применяют фрикционные тормозные механизмы.

На легковых автомобилях большого класса часто устанавливают только дисковые тормозные механизмы. На легковых автомобилях малого и среднего классов находят применение дисковые тормозные механизмы на передних колесах и барабанные колодочные на задних колесах.

Гидравлические и электрические тормозные механизмы используют как тормоза-замедлители. На ряде автомобилей тормозом-замедлителем выступает двигатель, выпускная труба которого перекрывается специальной заслонкой. Кроме того, замедление может быть осуществлено при переводе двигателя в компрессорный режим.

Для экстренного торможения на скоростных и гоночных автомобилях иногда применяют особые закрылки, увеличивающие воздушное сопротивление, или используют специальные парашюты (при внеколесном торможении).

Дисковые тормозные механизмы могут иметь неподвижную или плавающую скобу. Тормозной диск размещен на ступице переднего колеса, а скоба, выполненная из высокопрочного чугуна, установлена при помощи кронштейна на фланце поворотного кулака. Тормозные легкосъемные колодки помещены в пазах скобы. В скобе имеются два рабочих тормозных алюминиевых цилиндра, расположенных по обе стороны тормозного диска; цилиндры сообщаются между собой при помощи соединительной трубки. Установленные в цилиндрах стальные поршни уплотняются резиновыми кольцами, которые благодаря своей упругости возвращают поршни в исходное положение при растормаживании. В то же время при износе накладок они позволяют поршню переместиться в новое положение. Такое автоматическое регулирование зазора возможно, так как зазор мал (порядка 0,1 мм). При этом повышаются требования к точности изготовления и установки тормозного диска. При раздельном или дублированном приводе передних и задних тормозных механизмов часто в скобе размещают по два цилиндра с каждой стороны.

В дисковом тормозном механизме с плавающей скобой скоба может перемещаться в пазах кронштейна, закрепленного на фланце поворотного кулака. В этом случае цилиндр (в некоторых конструкциях — два или три цилиндра) расположен с одной стороны. При торможении перемещение поршня вызывает перемещение скобы в противоположную сторону, благодаря чему обе колодки прижимаются к тормозному диску. Плавающая скоба имеет значительно меньшую ширину по сравнению с неподвижной, что позволяет легко обеспечить отрицательное плечо обкатки. При плавающей скобе ход поршня в 2 раза больше, чем при неподвижной.

Появились конструкции дисковых тормозных механизмов с качающейся на маятниковом подвесе скобой и односторонним расположением цилиндра (цилиндров). Такая конструкция исключает

возможность заедания скобы, наблюдающегося иногда в конструкциях с плавающей скобой.

Дисковый тормозной механизм обладает малой эффективностью. Так, при расчетном коэффициенте трения $\mu = 0,35$ тормозной момент примерно в 3 раза меньше приводного момента. Основное достоинство дискового тормозного механизма — устойчивая стабильность, что отражено в статической характеристике, которая имеет линейный характер. В настоящее время стабильности отдается предпочтение перед эффективностью, так как необходимый тормозной момент можно получить увеличением приводных сил в результате применения рабочих цилиндров большего диаметра или усилителя.

К другим достоинствам дискового тормозного механизма можно отнести следующие:

- небольшую чувствительность к попавшей на накладки воде (по сравнению с барабанным тормозным механизмом); давление накладок в 3—4 раза превосходит давление накладок барабанного тормозного механизма, что объясняется меньшей их площадью;
- возможность увеличения передаточного числа тормозного привода благодаря малому ходу поршня;
- хорошее охлаждение тормозного диска, так как тормозной механизм открытый;
- для более интенсивного охлаждения диска в нем часто выполняют радиальные каналы;
- небольшую массу (по сравнению с барабанным).

Дисковый тормозной механизм неуравновешенный, так как при торможении создается дополнительная сила, нагружающая подшипники колеса. Этот недостаток можно несколько компенсировать, разместив скобу за центром колеса. Следует также отметить, что в дисковом тормозном механизме тормозные накладки изнашиваются более интенсивно, чем в барабанном, поэтому необходима более частая смена колодок. Конструкции дисковых тормозных механизмов предусматривают легкую и быструю смену тормозных колодок.

Барабанные колодочные тормозные механизмы выполняют по следующим основным конструктивным схемам:

- с равными приводными силами и односторонним расположением опор;
- с равными приводными силами и разнесенными опорами;
- с равными перемещениями колодок; с большим самоусилением;
- с плавающими колодками (с двумя степенями свободы).

Некоторые из указанных конструкций в настоящее время применяют в качестве колесных тормозных механизмов или в качестве трансмиссионных (стояночных).

При выходе из строя рабочей тормозной системы в качестве аварийной можно применять стояночную тормозную систему.

Каждая тормозная система состоит из тормозных механизмов (тормозов) и тормозного привода. Тормозные механизмы осуществляют процесс торможения автомобиля, а тормозной привод управляет тормозами. Рабочая тормозная система действует на все колеса автомобиля и приводится от педали при нажатии на нее ногой. Например, рабочая тормозная система полноприводного автомобиля ВАЗ включает в себя передние и задние тормозные механизмы и гидравлический двухконтурный тормозной привод: первичный (передних тормозов) и вторичный (задних тормозов). Аналогичные двухконтурную схему и устройство имеет рабочая тормозная система автомобиля ВАЗ с задним приводом колес. В рабочую тормозную систему переднеприводных автомобилей ВАЗ входят передние и задние тормозные механизмы, а также гидравлический тормозной привод, который имеет диагональное разделение контуров. Один контур гидропривода обеспечивает работу тормозных механизмов левого переднего и правого заднего колес автомобиля, второй контур гидропривода — правого переднего и левого заднего колес. Диагональное разделение контуров гидравлического тормозного привода рабочей тормозной системы существенно повышает безопасность движения. Такая схема тормозного привода при выходе из строя одного из контуров обеспечивает почти 50%-ную эффективность полностью исправной тормозной системы и, следовательно, необходимую безопасность.

5.2.2. Тормозные приводы

Тормозные приводы могут быть различными по конструкции, в том числе механические, гидравлические, пневматические, электрические и комбинированные. На легковых автомобилях наибольшее распространение получил гидравлический тормозной привод, как с усилителем, так и без него. Механический тормозной привод используют в качестве обязательного только для стояночной тормозной системы.

Почему же механический тормозной привод не нашел применения в рабочей тормозной системе? Причинами этого служат следующие недостатки механического привода: сложность и труд-

ность его компоновки на автомобиле; трудоемкий уход (необходимость периодического регулирования и смазывания); малый КПД. Механический тормозной привод удобен для стояночной тормозной системы благодаря тому, что он может обеспечить высокую надежность при длительном действии. На легковых автомобилях в качестве стояночного тормозного механизма в основном используют тормозные механизмы задних колес с рычажно-тросовым приводом. Сравнительно редко на легковых автомобилях применяют трансмиссионный барабанный тормозной механизм с рычажно-тросовым приводом.

Как уже отмечалось, тормозной гидропривод применяется на всех легковых автомобилях. Его достоинства: малое время срабатывания; равенство приводных сил на тормозных механизмах левых и правых колес; удобство компоновки (в отличие от механического привода гидролиния может быть проложена в любом, удобном для монтажа месте); высокий КПД (до 0,95); возможность распределения приводных усилий между тормозными механизмами передних и задних колес в результате применения рабочих цилиндров разного диаметра.

К недостаткам тормозного гидропривода относят снижение КПД при низких температурах и возможность выхода из строя тормозной системы при местном повреждении привода. На современных автомобилях обязателен двухконтурный привод: при выходе из строя одного контура обеспечивается возможность торможения неповрежденным контуром, хотя и с меньшей эффективностью. В гидроприводе некоторых автомобилей рабочие цилиндры имеют резиновые предпоршневые манжеты. В расторможенном состоянии системы должно поддерживаться небольшое избыточное давление для того, чтобы манжеты были прижаты к стенкам цилиндра, и система оставалась герметичной — жидкость из нее не вытекала, а воздух в нее не попадал. Для этого в главном тормозном цилиндре обязательно устанавливают обратный клапан. Нагружающая пружина клапана рассчитана на поддержание заданного избыточного давления.

В системах с дисковыми тормозными механизмами недопустимо повышение давления в гидроприводе, когда система находится в расторможенном состоянии, так как это привело бы к постоянному соприкосновению колодок с тормозным диском. Обратный клапан в тормозных цилиндрах этих систем не устанавливают, и предпоршневые полости в расторможенном состоянии сообщены с питающей гидролинией через перепускной клапан, а герметизация рабочих цилиндров обеспечивается резиновыми уплотнитель-

ными кольцами. Связь с питающей гидролинией в расторможенном состоянии необходима, в частности, при тепловом расширении жидкости. При торможении, когда поршни перемещаются влево, перепускные клапаны закрываются, герметизируя предпоршневые полости. В данном тормозном приводе, как и в большинстве современных автомобилей, применяют регулятор тормозных сил, предотвращающий вероятность возникновения юза задних колес при торможении.

В некоторых тормозных системах с дисковыми механизмами на передних колесах и барабанными — на задних, устанавливают «клапан задержки», в приводе к дисковым механизмам. Это делается для того, чтобы обеспечить одновременное начало торможения всех колес — для прижатия колодок в барабанных тормозных механизмах необходимо вначале создать в приводе некоторое давление, чтобы преодолеть усилие стяжных пружин. В дисковых тормозных механизмах растормаживающие пружины отсутствуют.

На автомобилях высокого класса применяют более сложную схему. Здесь каждый контур, снабженный автономным вакуумным усилителем, обеспечивает торможение всех колес.

В последние годы получила распространение двухконтурная диагональная схема тормозного привода. Она применяется на автомобилях ВАЗ, «Ауди-100» и многих других. По этой схеме один контур связывает тормозные механизмы левого переднего и правого заднего колес, а другой — правого переднего и левого заднего колес. При выходе из строя одного из контуров сохраняется 50 % тормозной эффективности (вместо 30 % по установленным нормам). Однако такая схема может применяться только при отрицательном плече обкатки управляемых колес, иначе автомобиль при торможении будет терять устойчивость в результате появления разворачивающего момента.

На легковых автомобилях устанавливают, как правило, вакуумные усилители тормозного привода. На грузовых автомобилях, имеющих тормозной гидропривод, применяют как вакуумные, так и пневмоусилители.

Основные требования к усилителю: обеспечение пропорциональности между усилием на тормозной педали и усилием, создаваемым усилителем (силовое следящее действие); возможность управления тормозной системой при выходе усилителя из строя или при неработающем двигателе.

Каждый усилитель включает в себя исполнительное и следящее устройства. Исполнительное устройство может быть выполнено в

виде мембранной или поршневой вакуумной камеры. Следящее устройство имеет чувствительный элемент и два клапана — вакуумный и атмосферный. Чувствительный элемент может быть мембранным, рычажным, упругоэластичным. Следящее устройство в некоторых конструкциях размещено отдельно от исполнительного. Вакуумный усилитель, у которого привод к следящему устройству гидравлический, называют гидровакуумным. (При механическом приводе следящего устройства — просто «вакуумный усилитель».)

Главный тормозной цилиндр размещают в большинстве случаев в одном агрегате с усилителем, а иногда отдельно от него.

5.2.3. Управление тормозными системами

Для управления тормозными системами в целях повышения эффективности торможения применяют регуляторы тормозных сил и антиблокировочные системы различного конструктивного исполнения.

Регуляторы тормозных сил устанавливают в автомобилях с тормозным как гидро-, так и пневмоприводом. Основное назначение регулятора — ограничение тормозных сил на задних колесах для предотвращения их юза и возможного заноса. Иногда с целью сохранения управляемости на дорогах с низким коэффициентом сцепления регулятор тормозных сил дополнительно устанавливают в приводе к тормозным механизмам передних колес.

Оптимальное распределение тормозных сил между передними и задними колесами, обеспечивающее минимальный тормозной путь (максимальную эффективность), получается при максимально возможных по условиям сцепления тормозных силах на колесах. Однако часто имеет место перетормаживание задних колес, особенно для негруженого автомобиля, что может привести к заносу. Отсюда возникает необходимость регулирования тормозных сил.

Существующие регуляторы тормозных сил можно разделить на две группы: статические и динамические. Статические регуляторы ограничивают давление в той ветви тормозного привода, где установлен регулятор, только в зависимости от командного давления, т.е. от давления, создаваемого нажатием на тормозную педаль. Динамические регуляторы ограничивают давление в тормозном приводе в зависимости как от командного давления, так и от изменения нагрузки на задние колеса.

Статические регуляторы могут быть с клапаном — ограничителем давления (отсечным клапаном) и с пропорциональным

клапаном. Статический регулятор обеспечивает опережающее блокирование передних колес при полной нагрузке автомобиля и недотормаживание задних колес во всем диапазоне значений командного давления. Однако у недогруженного автомобиля почти во всем диапазоне будет наблюдаться перетормаживание задних колес. Регулятор с клапаном-ограничителем устанавливают в тормозном приводе передних колес некоторых автомобилей для сохранения управляемости на дорогах с малым коэффициентом сцепления. Регулятор не должен допускать блокирования передних колес при служебном торможении. Статический регулятор с пропорциональным клапаном хорошо выполняет свое назначение при груженом автомобиле. Однако при негруженом автомобиле использование этого регулятора приведет к перетормаживанию задних колес. Такие регуляторы допустимы только на автомобилях, где нагрузка в процессе эксплуатации меняется незначительно.

Динамические регуляторы могут быть трех вариантов: с отсечным клапаном, пропорциональным клапаном и лучевые. Динамические регуляторы с отсечным клапаном не получили распространения, так как их применение приводит к значительному недоиспользованию сцепных свойств задних колес, что снижает тормозную эффективность. Динамический регулятор с пропорциональным клапаном широко применяется на легковых автомобилях с тормозным гидроприводом (ВАЗ и др.). Этот регулятор отличается от статического регулятора с пропорциональным клапаном наличием упругой связи между дифференциальным поршнем и задним мостом автомобиля. Динамический регулятор тормозных сил с пропорциональным клапаном хорошо выполняет свою функцию при установке его на легковой автомобиль, где разница масс в нагруженном состоянии и без нагрузки не столь велика, как у грузового автомобиля. У грузового автомобиля эта разница значительна и применение описанного регулятора может привести к перетормаживанию задних колес автомобиля при его торможении без груза в кузове. Для грузового автомобиля требуется регулятор тормозных сил, обеспечивающий регулирование во всем диапазоне нагрузок. Такому требованию удовлетворяют лучевые регуляторы.

Применение регулятора тормозных сил на автомобиле связано с некоторой потерей тормозной эффективности (на 10... 15 %), так как предотвращение юза задних колес достигается их недотормаживанием.

Дальнейшим развитием средств улучшения тормозной динамики явились **антиблокировочные системы (АБС)**. Впервые АБС

были применены в авиации в 1949 г., на автомобилях первые образцы АБС появились в 1969 г. В настоящее время в разработке АБС достигнуты такие результаты, которые позволяют их устанавливать на серийные автомобили.

Назначение АБС — обеспечивать оптимальную тормозную эффективность (минимальный тормозной путь) при сохранении устойчивости и управляемости автомобиля. В расчетах тормозной динамики автомобиля в большинстве случаев используют табличные значения коэффициентов сцепления, которые определяют экспериментально при движении заблокированного колеса, т.е. при 100%-ном скольжении колеса относительно дорожной поверхности. Между тем известно, что коэффициент сцепления эластичного колеса зависит не только от состояния дорожной поверхности, но и от степени скольжения колеса относительно этой поверхности в процессе торможения, а также и от других факторов. В частности, на величину коэффициента сцепления оказывает влияние скорость колеса при торможении, а также свойства самого эластичного колеса.

Известно, что при некотором значении относительного скольжения продольный коэффициент сцепления ϕ_x имеет максимум. Величина относительного скольжения, соответствующая максимуму, называется критической и обозначается $S_{кр}$. Для большинства дорожных поверхностей $S_{кр} = 0,1 \dots 0,3$. В этих пределах и поперечный коэффициент сцепления ϕ_y имеет достаточно высокое значение, что обеспечивает устойчивое движение автомобиля при торможении, если на автомобиль действует боковая сила. При доведении тормозящих колес до юза ($S = 1$) значительно снижается ϕ_x и ϕ_y , а следовательно, и тормозная эффективность, устойчивость и управляемость автомобиля при торможении. Исследования показали, что коэффициенты сцепления ϕ_x и ϕ_y уменьшаются при увеличении начальной скорости торможения и коэффициента бокового увода.

Основная задача АБС — поддержание в процессе торможения относительного скольжения колес в узких пределах вблизи $S_{кр}$. В этом случае обеспечиваются оптимальные характеристики торможения. Для этой цели необходимо автоматически регулировать в процессе торможения подводимый к колесам тормозной момент.

Появилось много разнообразных конструкций АБС, которые решают задачу автоматического регулирования тормозного момента. Независимо от конструкции, любая АБС включает в себя следующие элементы:

- датчики, функцией которых является выдача информации в зависимости от принятой системы регулирования об угловой скорости колеса, о давлении рабочего тела в тормозном приводе, замедлении автомобиля и др.;
- блок управления, обычно электронный, куда поступает информация от датчиков. После логической обработки поступившей информации блок дает команду исполнительным механизмам;
- исполнительные механизмы (модуляторы давления), которые в зависимости от поступившей из блока управления команды, снижают, повышают или удерживают на постоянном уровне давление в тормозном приводе колеса.

Процесс регулирования с помощью АБС торможения колеса циклический. Связано это с инерционностью самого колеса, привода, а также элементов АБС. Качество регулирования оценивается по тому, насколько АБС обеспечивает скольжение тормозящего колеса в заданных пределах. При большом размахе циклических колебаний давления нарушается комфортабельность при торможении («дергание»), а элементы автомобиля испытывают дополнительные нагрузки. Качество работы АБС зависит от принятого принципа регулирования («алгоритма функционирования»), а также от быстродействия системы в целом. Быстродействие определяет циклическую частоту изменения тормозного момента. Важным свойством АБС должна быть способность приспосабливаться к изменению условий торможения (адаптивность) и, в первую очередь, к изменению коэффициента сцепления в процессе торможения.

Разработано большое число принципов, по которым работают АБС (алгоритмов функционирования). Они различаются по сложности, стоимости реализации и по степени удовлетворения поставленным требованиям. Среди них наиболее широкое распространение получил алгоритм функционирования по замедлению тормозящего колеса.

Процесс работы АБС может проходить по двух- или трехфазовому циклу. При двухфазовом цикле: первая фаза — нарастание давления, вторая фаза — сброс давления. При трехфазовом цикле: первая фаза — нарастание давления, вторая фаза — сброс давления, третья фаза — поддержание давления на постоянном уровне. В алгоритме по замедлению применен трехфазовый цикл, достоинством которого считается меньший расход рабочего тела (например, сжатого воздуха), но сам модулятор получается более



Рис. 5.6. Структурная схема управления АБС

сложным, чем при двухфазовом цикле. Структурная схема, представленная на рис. 5.6, отражает электронный блок управления описанного алгоритма.

Тормозная динамика автомобиля с АБС зависит от принятой схемы установки элементов АБС. С точки зрения тормозной эффективности наилучшей является схема с автономным регулированием каждого колеса (рис. 5.7, а). Для этого необходимо установить на каждое колесо датчик, в тормозном приводе — модулятор давления и блок управления. Эта схема наиболее сложная и дорогостоящая.

Существуют более простые схемы АБС. На рис. 5.7, б показана схема АБС, где регулируется торможение двух задних колес. Для этого используются два колесных датчика угловых скоростей и один блок управления. В такой схеме применяют так называемое низкопороговое или высокопороговое регулирование. «Низкопороговое» регулирование предусматривает управление тормозящим колесом, находящимся в худших по сцеплению условиях («слабым» колесом). В этом случае тормозные возможности «сильного» колеса недоиспользуются, но создается равенство тормоз-

ных сил, что способствует сохранению курсовой устойчивости при торможении при некотором снижении тормозной эффективности. «Высокопороговое» регулирование, т.е. управление колесом, находящимся в лучших по сцеплению условиях, дает более высокую тормозную эффективность, хотя устойчивость при этом несколько снижается. «Слабое» колесо при этом способе регулирования циклически блокируется.

Еще более простая схема приведена на рис. 5.7, в. Здесь используются один датчик угловой скорости, размещенный на карданном валу, один модулятор давления и один блок управления. По сравнению с предыдущей эта схема имеет меньшую чувствительность.

На рис. 5.7, г приведена схема, в которой применены датчики угловых скоростей на каждом колесе, два модулятора и два блока управления. В такой схеме может применяться как «низкопороговое», так и «высокопороговое» регулирование. Часто в таких схемах используют смешанное регулирование (например, «низкопороговое» для колес передней оси и «высокопороговое» — для колес задней оси). По сложности и стоимости эта схема занимает промежуточное положение между рассмотренными.

На легковых автомобилях применяют пневматические и гидравлические тормозные приводы. На рис. 5.8, а показана упрощенная схема двухконтурного тормозного привода с АБС, регулирующей торможение только задних колес. Для этого установлен

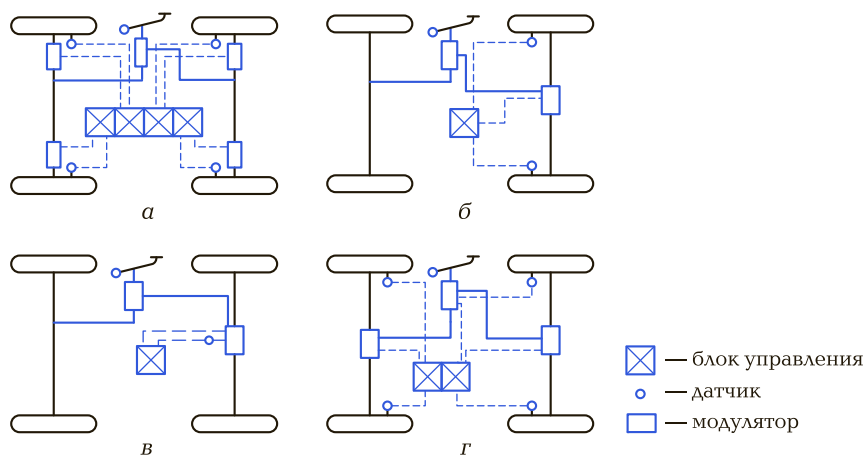


Рис. 5.7. Схемы установки АБС на автомобиле с размещением датчиков на каждом колесе (а, г), на задних колесах (б) и на карданном валу (в)

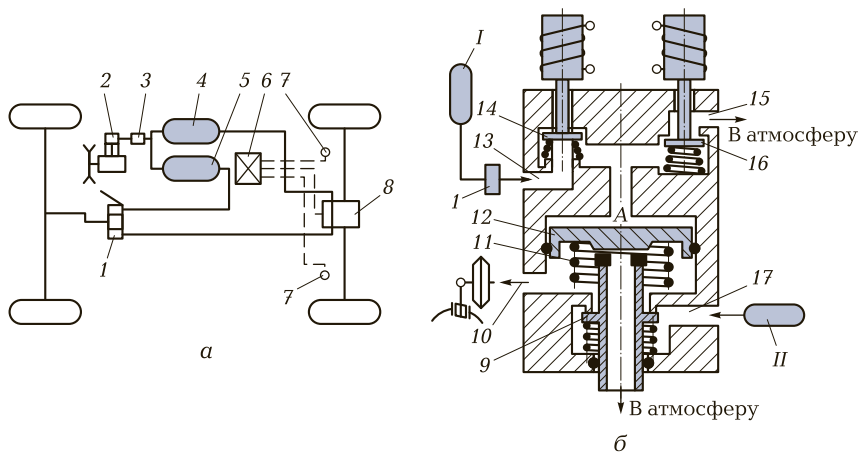


Рис. 5.8. Двухконтурный тормозной пневмопривод с АБС:

а — схема тормозного привода; *б* — модулятор давления; 1 — тормозной кран; 2 — компрессор; 3 — регулятор давления, создаваемого компрессором; 4, 5 — ресиверы; 6 — блок управления; 7 — датчики; 8 — модулятор давления; 9 — клапан сжатого воздуха; 10, 13, 15, 17 — каналы; 11 — атмосферный клапан; 12 — поршень; 14, 16 — управляющие клапаны; I, II — соответственно основной и дополнительный ресивер; А — полость

один модулятор 8, один блок управления 6 и два датчика 7 у колес. В пневмосистему включен также дополнительный ресивер, необходимость которого обусловлена увеличением расхода сжатого воздуха при установке АБС в результате многократного впуска сжатого воздуха и выпуска его в процессе торможения. Включенный в пневмопривод модулятор, получающий команды от блока управления и регулирующий давление сжатого воздуха в тормозных камерах, показан на рис. 5.8, б. Этот модулятор работает по трехфазовому циклу.

Первая фаза — нарастание давления. При нажатии на тормозную педаль тормозной кран 1 сообщает основной ресивер I с каналом 13 модулятора. Соленоидные обмотки электромагнитных клапанов отключены от источников тока; клапан 14 открыт, а клапан 16 закрывает сообщение с атмосферой. Сжатый воздух поступает в полость А и перемещает поршень 12 вниз. Перемещаясь, поршень 12 закрывает атмосферный клапан 11 и одновременно открывает клапан 9 сжатого воздуха. При открытии клапана 9 сжатый воздух из дополнительного ресивера II через каналы 17 и 10 поступает в тормозные камеры. Тормозной момент растет.

Вторая фаза — сброс давления. Блок управления дает команду на растормаживание, сообщая электромагнитные клапаны с источником питания; клапан 14 опускается, прерывая связь основного ресивера I с модулятором, а клапан 16, опускаясь, открывает выход сжатого воздуха из полости А в атмосферу. Поршень 12 поднимается, открывая при этом атмосферный клапан; одновременно клапан сжатого воздуха 9 закрывается, прерывая связь дополнительного ресивера II с тормозными камерами. Сжатый воздух из тормозных камер выходит в атмосферу. Тормозной момент снижается.

Третья фаза — поддержание давления на постоянном уровне. Блок управления подает ток только к электромагнитному клапану 14. Таким образом, оба клапана остаются закрытыми, что позволяет поддерживать давление сжатого воздуха в полости А и в тормозных камерах на постоянном уровне. Тормозной момент поддерживается постоянным.

При установке АБС возможны два вида тормозного гидропривода: замкнутый и разомкнутый.

Замкнутый, или закрытый (гидростатический), гидропровод работает по принципу изменения объема тормозной системы в процессе торможения. Такой привод отличается от обычного установкой модулятора давления (рис. 5.9) с дополнительной камерой. Модулятор работает по двухфазовому циклу.

Первая фаза — нарастание давления. Обмотка электромагнита 1 отключена от источника тока. Якорь 3 с плунжером 4 находится под действием пружины 2 в крайнем правом положении. Клапан 6 пружиной 5 отжат от своего гнезда. При нажатии на тормозную педаль давление жидкости, создаваемое в главном цилиндре

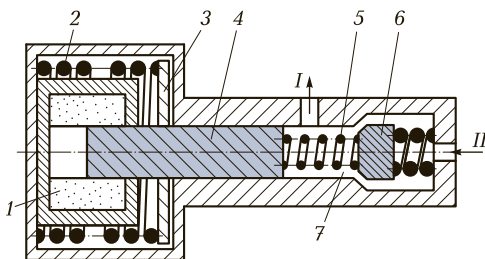


Рис. 5.9. Схема действия модулятора давления гидростатического тормозного привода с АБС:

1 — электромагнит, 2, 5 — пружины; 3 — якорь; 4 — плунжер; 6 — клапан; 7 — камера; I, II — выводы

дре (вывод *II*), передается через вывод *I* к рабочим тормозным цилиндрам. Тормозной момент растет.

Вторая фаза — сброс давления. Блок управления подключает обмотку электромагнита *1* к источнику питания. Якорь *3* с плунжером *4* перемещается влево, увеличивая при этом объем камеры *7*. Одновременно клапан *6* также перемещается влево, перекрывая вывод *I* к рабочим тормозным цилиндрам колес. Из-за увеличения объема камеры *7* давление в рабочих цилиндрах падает, а тормозной момент снижается. Далее блок управления дает команду на нарастание давления и цикл повторяется.

Разомкнутый, или открытый, тормозной гидропривод (привод высокого давления) имеет внешний источник энергии в виде гидронасоса высокого давления, обычно в сочетании с гидроаккумулятором. В настоящее время отдается предпочтение гидроприводу высокого давления, более сложному по сравнению с гидростатическим, но обладающим необходимым быстродействием.

Тормозной привод (рис. 5.10) имеет два контура, поэтому необходима установка двух автономных гидроаккумуляторов. Давление в гидроаккумуляторах поддерживается на уровне 14...15 МПа. Здесь применен двухсекционный клапан управления, обеспечивающий следующее действие, т. е. пропорциональность между усилием на тормозной педали и давлением в тормозной системе. При нажатии на тормозную педаль давление от гидроаккумуляторов передается к модуляторам *2*, которые автоматически управляются электронными блоками *3*, получающими информацию от колесных датчиков *1*.

Рассмотрим фазы работы двухфазового золотникового модулятора давления для тормозного гидропривода высокого давления (рис. 5.11).

Первая фаза (А) — нарастание давления. Блок управления АБС отключает катушку соленоида от источника тока. Золотник и якорь соленоида усилием пружины перемещены в верхнее положение. При нажатии на тормозную педаль клапан управления сообщает гидроаккумулятор (вывод *I*) с нагнетательным каналом модулятора давления. Тормозная жидкость под давлением поступает через вывод *II* к рабочим цилиндрам тормозных механизмов. Тормозной момент растет.

Вторая фаза (Б) — сброс давления. Блок управления сообщает катушку соленоида с источником питания. Якорь соленоида перемещает золотник в нижнее положение. Подача тормозной жидкости в рабочие цилиндры прерывается; вывод *II* рабочих тормозных цилиндров сообщается с каналом слива *III*. Тормозной момент

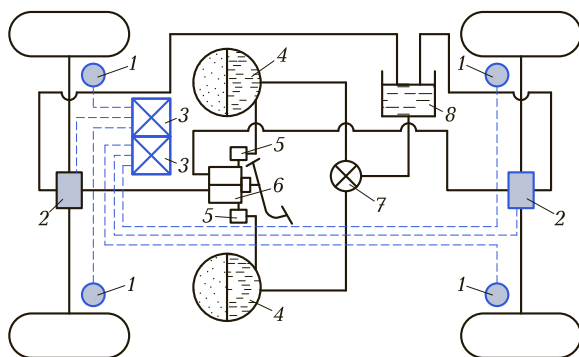


Рис. 5.10. Схема двухконтурного тормозного гидропривода с ABS:

1 — колесные датчики угловой скорости; 2 — модуляторы; 3 — блоки управления; 4 — гидроаккумуляторы; 5 — обратные клапаны; 6 — клапан управления; 7 — гидронасос высокого давления; 8 — сливной бачок

снижается. Блок управления дает команду на нарастание давления, отключая катушку соленоида от источника питания, и цикл повторяется.

В зависимости от принятого в ABS алгоритма функционирования могут быть применены различные датчики, дающие первичную информацию о скорости или ускорения автомобиля, давлении в тормозном приводе. Необходимая производная информация получается путем дифференцирования или интегрирования первичной информации в блоке управления ABS.

По конструкции датчики могут быть механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими, радарными и др. В настоящее время широко применяют электрические датчики различных типов, дающие непрерывную информацию об угловой скорости тормозящего

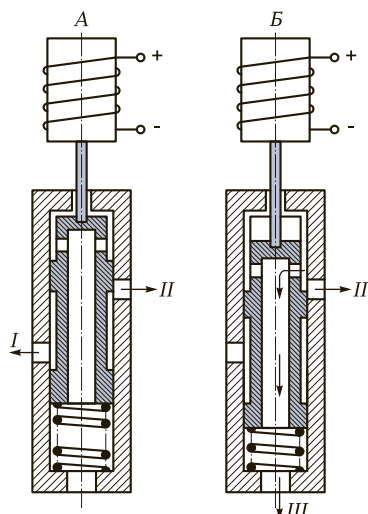


Рис. 5.11. Схема работы двухфазного модулятора высокого давления:

А — нарастание давления; Б — сброс давления; I—III — выводы

колеса. Дифференцирование выдаваемых датчиками данных дает возможность получать в блоке управления непрерывную информацию об угловом замедлении или ускорении колеса.

Среди электрических датчиков наиболее широкое распространение получили датчики индуктивно-частотного типа. Датчик состоит из ротора, представляющего собой зубчатый диск (или перфорированное кольцо) из магнитного сплава, закрепленного на колесе (обычно на тормозном барабане), и катушки индуктивности, установленной неподвижно (часто на тормозном щите). Между сердечником катушки и зубчатым диском предусмотрен небольшой зазор (индуктивно-частотный бесконтактный датчик). При вращении ротора в катушке индуктивности наводится импульсная ЭДС, частота и амплитуда которой пропорциональна угловой скорости диска, а следовательно, и колеса. Частота импульсной ЭДС зависит от числа зубьев ротора, колеблющегося в различных конструкциях в пределах 60...200. Как отмечалось, дифференцирование в блоке управления непрерывных данных об угловой скорости дает возможность получать непрерывные сведения об ускорении и замедлении колеса; можно также получать в блоке управления данные о линейной скорости автомобиля. Для этого необходимо предусмотреть в блоке управления запоминание угловой скорости в момент начала торможения и вычисление линейной скорости автомобиля.

Следует иметь в виду, что указанные вычисления производятся с некоторыми погрешностями, что отражается на качестве регулирования тормозного момента. Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом ведутся интенсивные поиски способов непосредственного измерения линейной скорости автомобиля, однако реального применения на существующих АБС они пока не получили. Некоторые из этих способов, к которым можно причислить радио- и звуколокационные, в будущем, по-видимому, найдут применение в АБС.

Гидро- и пневмодатчики, дающие непрерывную информацию о давлении в тормозном приводе, применяют сравнительно редко, так как алгоритмы функционирования, в которых используется эта информация, не получили широкого распространения.

Качество регулирования тормозных моментов на колесах автомобиля в большой степени зависит от степени учета инерционности как элементов самого автомобиля (колес, тормозного привода, тормозных механизмов), так и инерционности элементов АБС (датчиков, модуляторов, блоков управления).

Наибольшее применение нашли электронные блоки управления, обладающие минимальной инерционностью. Кроме того,

только в электронных блоках возможно такое регулирование тормозных моментов, при котором можно учитывать как инерционность элементов тормозной системы, так и ряд других факторов: скорость автомобиля, упругие свойства шин и рессор, гистерезисные потери и др.

Основное преимущество механических АБС по сравнению с электронными — более низкая стоимость (приблизительно в 5 раз).

В последнее время появились полностью электронные системы, которые характеризуются тем, что электронная тормозная педаль не создает давления в приводе, а лишь воздействует на датчики, передающие сигнал электронному блоку управления, а он, в свою очередь, направляет этот сигнал на колесные модуляторы. Модуляторы регулируют тормозное давление на каждом отдельном колесе, причем конструкция исполнительных механизмов аналогична тормозным устройствам антиблокировочной тормозной системы. Необходимое рабочее давление создается гидравлическим насосом с электронным управлением через гидроаккумулятор высокого давления. В целях повышения безопасности при каких-либо неполадках в системе тормозное давление может быть создано, как обычно, в тормозном контуре с главным тормозным цилиндром. В автомобиль, оснащенный таким оборудованием, могут быть встроены системы регулирования динамики автомобиля, автоматической регулировки дистанции, а также автоматической парковки.

Многими фирмами разрабатываются новые системы регулирования тормозных усилий. В отличие от АБС новый модуль EBV (Elektronische Bremskraft Verteilung) регулирует торможение ниже порога блокировки, осуществляя распределение регулирования тормозных усилий (РТУ). Новая система использует электронные составляющие антиблокировочных систем и систем тормозных усилий (АБС/РТУ), в то же время она влияет на пробуксовку задних колес в режиме притормаживания (ниже границы блокировки) и тем самым улучшает управляемость автомобиля при торможении до наступления блокировки колес. Распределение тормозных усилий регулируется электроникой без участия механических или гидравлических компонентов.

Все узлы и детали, которые необходимы для функционирования EBV, в основном уже имеются в АБС/РТУ:

- датчики для определения скорости всех четырех колес;
- впускные и выпускные клапаны для модулирования тормозного давления в колесных тормозных механизмах;
- электронный регулятор на базе микропроцессора.

Традиционная тормозная система с точки зрения распределения тормозных усилий всегда должна удовлетворять определенным требованиям. Если бы при торможении сначала блокировался задний мост, это привело бы к потере устойчивости автомобиля. Поэтому в традиционных тормозных системах долю тормозных усилий на заднем мосту уменьшают с помощью соответствующей конструкции колесных тормозных механизмов и применения механических и гидравлических регуляторов тормозных усилий. Иначе говоря, тормозные усилия на задних колесах меньше, чем они могли бы быть с точки зрения нагрузки, приходящейся на колеса. Благодаря применению системы EBV стало возможным долю тормозных усилий на задних колесах повысить настолько, что достигается более точное распределение тормозных усилий. Становится возможным использование коэффициента сцепления всех четырех колес приблизительно в равной мере.

Система EBV имеет очень чувствительную регулировку, что обеспечивает предотвращение блокировки колес заднего моста. Это достигается соответствующим модулированием давления в тормозном приводе. В качестве регулируемого параметра при этом служит проскальзывание задних колес. Такую информацию EBV получает через систему датчиков ABS/РТУ. Электроника измеряет расстояния проскальзывания колес и в результате выявляет различия в использовании мгновенного коэффициента сцепления. Система EBV определяет оптимальное в данный момент использование коэффициента сцепления задних колес и реализует его.

При торможении на повороте также предотвращается ведущее к блокировке торможение задних колес, что гарантирует устойчивость движения автомобиля.

Преимущества тормозной системы, регулируемой с помощью EBV, по сравнению с традиционным исполнением следующие:

- лучшее использование коэффициента сцепления задних колес при любых условиях движения;
- гарантия устойчивости движения при включении в работу ABS в любых условиях;
- более благоприятные условия работы передних и задних тормозных механизмов с точки зрения термической нагрузки и интервалов замены тормозных накладок;
- постоянство распределения тормозных сил на протяжении всего срока эксплуатации автомобиля;
- меньшее влияние различных условий на усилие, прикладываемое к тормозной педали.

С учетом постоянного увеличения мощности двигателей и снижения массы автомобилей все большее применение получают **противобуксовочные системы (ПБС)**, которые работают аналогично антиблокировочным системам, только не в тормозном режиме ведущих колес, а в тяговом. Противобуксовочная система не допускает буксования одного, двух или всех ведущих колес при трогании автомобиля или при движении по дороге с низким коэффициентом сцепления. Тем самым повышаются тягово-динамические свойства и устойчивость автомобиля. Противобуксовочную систему обычно устанавливают совместно с АБС, используя ряд ее элементов (датчики, блок управления).

В настоящее время разработаны и реализуются самые разнообразные конструкции ПБС. В частности, компания «Бош» предлагает три варианта ПБС.

Первый вариант. Противобуксовочная система осуществляет регулирование тягового усилия путем воздействия только на двигатель. Гидравлическая часть комплексной АБС/ПБС остается такой же, как у АБС, а блок управления АБС дополняется электронной противобуксовочной системой. Регулирование крутящего момента двигателя производится комплексным воздействием на дроссельную заслонку, на систему зажигания и на впрыск топлива. Положение дроссельной заслонки может изменяться электро-механическим или электромагнитным устройством. Чаще всего используют электро-механическую систему, известную под названием «электронная педаль акселератора». В этой системе изменение положения педали преобразуется в электрический сигнал посредством датчика перемещения педали акселератора. В блоке управления данный сигнал преобразуется с учетом ряда заданных переменных и сигналов от других датчиков (температуры, частоты вращения двигателя и т.п.), а затем передается к электродвигателю, который перемещает дроссельную заслонку или рейку топливного насоса (в случае управления дизелем). Сигнал обратной связи о положении заслонки или рейки также поступает в блок управления. Команды блока управления ПБС имеют приоритет по отношению к сигналам, поступающим от датчика перемещения педали акселератора. Например, если по команде водителя дроссельная заслонка открыта на угол, обеспечивающий подачу к колесам крутящего момента большего, чем можно реализовать по условиям сцепления, то по команде от блока управления ПБС угол открытия может быть уменьшен до 10° за 100 мс.

Регулирование крутящего момента двигателя изменением положения дроссельной заслонки обеспечивает плавный разгон,

равномерную нагрузку двигателя и постоянство состава отработавших газов, однако имеет относительно большое время реакции, что нежелательно для ПБС. Поэтому для компенсации данного недостатка дополнительно осуществляется воздействие на систему зажигания. При этом угол опережения зажигания уменьшается прямо пропорционально пробуксовке ведущих колес. Если уменьшение угла опережения не приводит к желаемому уменьшению пробуксовки, то полностью отключается подача искры на свечи. При повторном включении зажигания угол опережения плавно восстанавливается до оптимального, что обеспечивает постепенное возрастание крутящего момента двигателя.

Для предотвращения недопустимого увеличения токсичности отработавших газов и перегрузки каталитических нейтрализаторов выпускной системы во время отключения зажигания прекращается впрыск топлива.

Когда тяговые силы на ведущих колесах превышают предельные значения по сцеплению, это приводит к их буксованию. Блок управления ПБС, используя показания колесных датчиков АБС, в зависимости от величины скольжения и ускорения ведущих колес дает команду на соответствующее уменьшение угла открытия дроссельной заслонки. Если это не приводит в кратчайшее время к прекращению буксования колес, то блок управления дает сигнал на уменьшение угла опережения зажигания с возможным кратковременным полным отключением зажигания и впрыска топлива. После того, как буксование ведущих колес прекратится, блок управления ПБС дает команду на увеличение угла открытия дроссельной заслонки.

Рассмотренный вариант ПБС, по утверждению производителя, обеспечивает плавное изменение режима работы двигателя, высокую устойчивость движения заднеприводных автомобилей и удовлетворительную управляемость переднеприводных автомобилей. При движении автомобиля по дороге с различными коэффициентами сцепления отмечается повышение тяговых сил.

Второй вариант. В его основу положено регулирование тяговых сил путем управления двигателем с одновременным воздействием на тормозную систему. Так же, как и в рассмотренном выше варианте, в данном исполнении электроника ПБС конструктивно объединена с электронным блоком АБС. Регулирование крутящего момента двигателя производится воздействием только на дроссельную заслонку посредством системы «электронная педаль акселератора», что не может обеспечить необходимой скорости изменения тяговых сил на колесах. Поэтому для улучшения

динамичности ПБС было применено дополнительное воздействие на тормозную систему. Регулирование только изменением положения дроссельной заслонки приводит к значительному и продолжительному отклонению разности скоростей по сопоставлению с регулированием системой, дополненной управлением зажиганием/впрыском. Большие возможности у варианта ПБС с управлением дроссельной заслонкой и тормозами ведущих колес.

В результате испытаний, проведенных фирмой, получен примерно одинаковый эффект как в варианте с воздействием на двигатель, так и в варианте с воздействием на дроссельную заслонку и тормоза.

Воздействие ПБС на тормозную систему заключается в создании эффекта дифференциала повышенного трения путем строго дозированного притормаживания забегающего ведущего колеса, находящегося на поверхности с меньшим коэффициентом сцепления. Регулирование тормозных сил противобуксовочной системой осуществляется с использованием элементов АБС.

Схема комплексной АБС/ПБС «Бош», выполненной на базе ABS 2, показана на рис. 5.12. Система дополняется модулятором 1 ПБС, который имеет два цилиндра, включенных в гидромагистрали, соединяющие главный тормозной цилиндр 7 через модулятор 6 АБС с колесными цилиндрами. Внутри цилиндров модулятора 1 расположены плавающие поршни 4 с центральными клапанами. Последние соединяют входную и выходную магистрали цилиндра. Поршни управляются посредством трехпозиционных электромагнитных клапанов 3 и двухпозиционных дросселирующих клапанов 2. При торможении автомобиля жидкость беспрепятственно проходит через цилиндры модулятора 1 к задним колесным цилиндрам. Во время работы ПБС по команде блока управления на притормаживание одного или обоих ведущих колес электромагнитный клапан 3 переводится в положение слева от поршня, при котором давление из гидронасоса 5 передается в управляющую полость цилиндра модулятора 1. Под действием давления жидкости поршень перемещается вправо и перекрывает центральный клапан. Дальнейшее движение поршня приводит к повышению давления в колесных цилиндрах. Выдержка или сброс давления осуществляется по команде электронного блока переводом электромагнитного клапана в соответствующее положение.

Для получения большей точности и плавности регулирования скольжения в тяговом режиме в ПБС изменение давления необходимо производить более медленно, чем в АБС. Для этого в модулятор 1 введены дросселирующие клапаны 2 с меньшим проходным

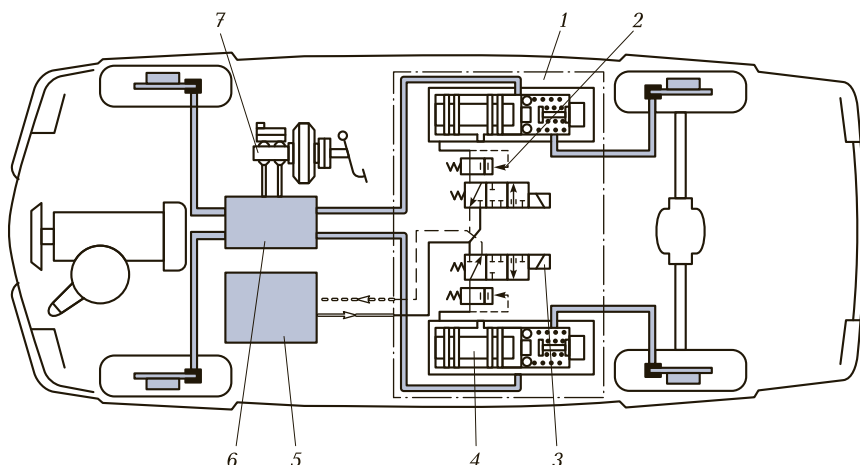


Рис. 5.12. Схема комплексной антиблокировочной (противобуксовочной) системы:

1 — модулятор ПБС; 2 — дросселирующие клапаны; 3 — электромагнитные клапаны; 4 — плавающий поршень; 5 — гидронасос; 6 — модулятор АБС; 7 — главный тормозной цилиндр

сечением, которые срабатывают в начале функционирования ПБС.

Рассмотренная конструкция модулятора может применяться отдельно от АБС, для чего автомобиль должен быть дооборудован колесными датчиками угловых скоростей, блоком управления и иметь гидросистему высокого давления.

Блок управления ПБС, определив буксование на основе информации колесных датчиков ведущего и ведомого колес, дает команду на одновременное прикрытие дроссельной заслонки на угол α и повышение давления в соответствующем колесном цилиндре пропорционально степени буксования. Положение дроссельной заслонки в процессе регулирования восстанавливается в соответствии с пилообразной функцией, а притормаживание колеса уменьшается для того, чтобы обеспечить оптимальное буксование. Такое регулирование сохраняется до тех пор, пока либо пробуксовка колеса не прекратится, либо второе колесо не начнет пробуксовывать. В последнем случае блок управления подает команду на повторное уменьшение угла открытия дроссельной заслонки и притормаживание второго колеса. Притормаживание двумя колесами допускается лишь на очень короткое время, так как возможен перегрев тормозов. По заявлению компании «Бош» второй

вариант ПБС обеспечивает значительное улучшение тяговых свойств по сравнению с первым, а также повышение устойчивости и управляемости на покрытиях типа «микст».

Третий вариант. Противоблокировочная система осуществляет перераспределение тяговых сил между колесами одной оси, используя дифференциал повышенного трения с регулируемым коэффициентом блокировки. В данном варианте системы гидравлическую часть АБС дополняют гидроконтуром дифференциала и модулятором. Функции электронного блока АБС расширяются для обеспечения управления ПБС. Требуемый коэффициент блокировки достигается посредством изменения давления жидкости на пакет фрикционных дисков, обеспечивающий необходимый момент трения между полуосевыми шестернями и корпусом дифференциала. При этом коэффициент блокировки может изменяться от исходного низшего значения до полной блокировки. Данный вариант ПБС повышает тяговые свойства и проходимость автомобиля, особенно при движении по дороге с переменным коэффициентом сцепления. Он обладает преимуществами дифференциалов повышенного трения и вязкостных муфт и лишен их недостатков. Так, например, ПБС повышает устойчивость движения автомобиля на повороте без торможения (что свойственно дифференциалам повышенного трения) и в то же время не снижает устойчивость при торможении на повороте и не блокирует колеса между собой. Последнее сделало бы невозможной работу АБС.

В принципе возможно объединение третьего варианта ПБС с первым. Имеются конструкции ПБС, которые автоматически снижают мощность двигателя на скользких дорогах путем отключения некоторого числа цилиндров двигателя.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких устройств состоит рулевой механизм?
2. Из каких частей состоит рулевой привод автомобиля?
3. Назовите назначение рабочей и стояночной тормозных систем.
4. Какие виды тормозных приводов применяются на автомобилях?
5. Назовите назначение АБС автомобиля. Как она работает?

КУЗОВ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ И ЕГО ОБОРУДОВАНИЕ

6.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ КУЗОВОВ

Общие сведения. Кузов представляет собой силовую несущую конструкцию, обеспечивающую необходимую комфортабельность, защиту водителя и пассажиров от внешних атмосферных воздействий и аварийных ситуаций. К кузову крепятся практически все элементы автомобиля (двигатель и системы, его обслуживающие, подвеска колес, топливный бак, провода и элементы электрооборудования и т.д.). Форма, геометрические пропорции, композиция, внешнее и внутреннее оформление конструкции и ее элементов, цвет кузова и оборудования салона определяют эстетические качества автомобиля.

Кузов и его геометрические характеристики оказывают существенное влияние на тягово-скоростные и прочие эксплуатационные свойства автомобиля: топливную экономичность, плавность хода, проходимость, маневренность и устойчивость. Конструкция и архитектура кузова обуславливают прочностные характеристики, долговечность, безопасность, эстетику, удобство эксплуатации и потребительский спрос.

Кузов современного автомобиля проектируют таким образом, чтобы его передняя и задняя части несущей конструкции легко деформировались и могли поглотить часть кинетической энергии при столкновении. В таком случае для пассажиров значительно повышается вероятность остаться живыми или получить небольшое травмирование.

Кузова автомобиля классифицируют по ряду признаков: назначению, силовой схеме, типу корпуса, форме кузова, материалу

конструкции, виду облицовочных элементов и др. В том числе кузова могут быть открытые (не имеющие сверху укрытия или имеющие легкое складное укрытие) и закрытые. Классификация кузовов по назначению совпадает с классификацией легковых автомобилей. По силовой схеме кузова делятся на рамные, где кузов не является несущей частью автомобиля, полунесущие и несущие. Некоторые конструктивные особенности несущих конструкций автомобиля были рассмотрены в подразд. 4.2. Несущие кузова не имеют силовую раму, все силы и нагрузки воспринимаются самим кузовом. При этом несущий кузов обеспечивает значительное снижение массы, уменьшает количество деталей автомобиля и имеет другие преимущества по сравнению с рамными конструкциями.

Следует отметить, что силовые рамы, применяемые в конструкциях кузовов на легковых автомобилях высшего класса и повышенной проходимости, соединяются с внешним корпусом автомобиля через резиновые или другие упругие прокладки (см. гл. 4). Такие кузова называются разгруженными. Кузов выполняется каркасным, полукаркасным или бескаркасным. Каркасный кузов имеет жесткий пространственный каркас, несущий функцию силового звена, к которому крепятся тонкостенные панели или оболочки, разделяющие внутренний объем кузова с окружающей средой, но только частично или не разгружающие каркас от силовых нагрузок. Полукаркасный кузов имеет отдельные силовые части конструкции (стойки, дуги, усилители и др.), которые соединяются между собой наружными и внутренними силовыми облицовочными панелями. В таком кузове нагрузки воспринимаются всеми частями кузова.

Для снижения массы и стоимости применяют штампованные несущие кузова, которые представляют собой пространственную раму из взаимосвязанных балок, выполненных из выдавленных и гнутых профилей. Снаружи к такой раме крепятся металлические или пластиковые панели.

В бескаркасных конструкциях кузов представляет собой силовую пространственную оболочку, выполненную из больших штампованных частей и панелей, соединенных между собой сваркой. Такие кузова обладают высокой прочностью и жесткостью при небольшой массе. Бескаркасные кузова применяют на большинстве легковых автомобилей, поскольку они поддаются высокотехнологичному производству за счет использования конвейерной автоматической сварки панелей. Панели и другие элементы каркаса и облицовки кузова изготавливают в основном из листовой стали,

но ряд фирм использует и другие материалы, например, пластмассы и алюминиевые сплавы. Пластмассовые кузова имели автомобили «Шевроле Корвет» (США) и «Трабант» (ГДР); алюминиевые сплавы для кузовов используют на современных автомобилях «Ауди» и «Ягуар». На отечественных автомобилях элементы каркаса из пластмассы применяются как ремонтные, например, передние крылья для автомобилей ВАЗ.

Типы кузовов. Кузов современного легкового автомобиля состоит из каркаса-корпуса, являющегося основой (скелетом) конструкции, дверей, люков, крыльев (передних и задних), капота, сидений и другого оборудования, обеспечивающего удобство и комфорт. Сам корпус представляет собой набор несущих узлов: пола, боковин, передней и задней силовых частей, крыши и перегородок.

Следует отметить, что дополнительно к вышеперечисленным классификационным признакам, кузова автомобилей делят и по ряду особенностей, определяемых формой, количеством мест, типом крыши и др.

Седан — трехобъемный закрытый четырехдверный кузов с выступающими двигателем отсеком и багажником.

Универсал — двухобъемный закрытый трех- или пятидверный кузов, дополнительная дверь в котором находится в наклонной задней стенке кузова. При складывании заднего сидения легко превращается в грузопассажирский автомобиль.

Хэтчбек — двухобъемный закрытый трех- или пятидверный кузов, с крышей, плавно переходящей в багажник, занимающий промежуточное положение между седаном и универсалом. Кузов хэтчбека легко преобразуется в грузопассажирский путем снятия съемной складной полки и складывания заднего сиденья.

Купе — трехобъемный закрытый двухдверный кузов с одним или двумя рядами сидений. Для доступа к задним сиденьям необходимо откинуть передние.

Кабриолет — трехобъемный четырехдверный кузов с открывающейся жесткой или мягкой крышей. Все стекла в дверях и боковинах опускающиеся.

Лимузин — высококомфортабельный трехобъемный четырехдверный кузов с перегородкой, отделяющей водителя от пассажирского салона; имеет дополнительные складывающиеся сиденья.

Фэтон — полностью открывающийся двух- или трехобъемный кузов. Имеет две или четыре двери, мягкий складывающийся верх и съемные боковины с окнами.

Родстер — двухместный автомобиль с открытым или закрытым кузовом.

Торпедо — полностью открытый кузов с откидным ветровым стеклом.

Вагон — двухдверный или трехдверный кузов, не имеющий выступающих моторного отсека и багажного отделения.

Наиболее распространены двух- и трехобъемные кузова. Двухобъемный кузов имеет разделенные двигательный отсек и пассажирский салон, объединенный с багажным отделением. Двухобъемный кузов позволяет уменьшить длину автомобиля и его массу без ухудшения комфортабельности. Трехобъемный кузов имеет три отдельных отсека: моторный, пассажирский салон и багажное отделение. Созданы и однообъемные кузова легковых автомобилей, по внешнему виду напоминающие микроавтобус. В таких автомобилях имеется одно пассажирское отделение, объединенное с двигательным отсеком и багажником.

В передней или задней частях корпуса кузова в зависимости от установки двигателя на ряде автомобилей имеется короткая рама (подмоторная рама) лонжеронного типа, предназначенная для крепления силового агрегата и подвески.

Для удобства обзора кузов оборудован ветровым, боковыми и задним окнами с гнутыми, полированными, закаленными стеклами. Спереди и сзади кузов защищен энергоемкими бамперами. В пассажирском салоне установлены сиденья «анатомического» типа, изготовленные с учетом наиболее удобной формы для сидячего положения человеческого тела. Пассажирский салон также оборудован системой кондиционирования, или системой вентиляции и отопления, зеркалами заднего вида, вещевым ящиком, освещением, передней панелью с комбинацией приборов, устройствами обеспечения безопасности и др.

6.2. УСТРОЙСТВО КУЗОВОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Большинство кузовов зарубежных и отечественных легковых автомобилей изготавливают закрытыми, цельнометаллическими, несущими, двух- или трехобъемными. Наибольшее распространение получили кузова типа «седан», «хэтчбек», «универсал» и «вагон». Например, отечественные автомобили ВАЗ имеют различные типы кузовов, но в основном это «седан», «хэтчбек» и «универсал».

Как указывалось, остовом кузова является каркас, основные элементы которого передок, пол, боковины, крыша с рамой ветрового окна (хэтчбек) или крыша с рамой ветрового и заднего окон

(седан), панель задка, силовые элементы каркаса (лонжероны, поперечины, стойки) и др. в зависимости от типа кузова. Лицевые панели кузова и навесные узлы относятся к так называемому оперению. Все детали и узлы кузова, кроме навесных узлов и передних крыльев, соединяют в единое целое контактной точечной сваркой. Ряд наиболее нагруженных деталей и узлов дополнительно приваривают электродуговой сваркой. На каждой фирме, выпускающей автомобили, принят в зависимости от типа кузова определенный технологический цикл и технология изготовления. Технологический уровень, принятый при изготовлении, определяет качество создаваемой конструкции, влияет на внешний вид и многообразие форм, обеспечивает возможность быстрого перехода на модифицированные и новые модели.

Рассматривая конструкцию дверей кузова, можно видеть, что большинство боковых дверей открывается вбок против движения автомобиля вперед. В случае открывания двери на ходу набегающий поток воздуха будет помогать ее закрыть. В некоторых моделях автомобилей двери открываются вверх или назад. Обычно такую схему применяют на автомобилях без средней силовой стойки. Как правило, двери снабжены ограничителем угла открывания и фиксатором ее в открытом положении. В нижней части боковых и задних дверей имеются щели для стока воды, попадающей внутрь двери.

Рассмотрим каркасы кузовов легковых автомобилей, получивших наиболее широкое распространение на отечественных и зарубежных моделях, выполненных по «классической» — заднеприводной — и переднеприводной схемам.

Кузов автомобиля типа «седан» имеет моторный отсек, пассажирский салон, багажное отделение и четыре боковых двери (две передние и две задние). Детали кузова выштампованы из листовой стали толщиной 0,7...2,5 мм в зависимости от воспринимаемых нагрузок и, соответственно, назначения в составе каркаса. Неравнопрочная и неравножесткая конструкция кузова обеспечивает различную сопротивляемость удару при дорожно-транспортных происшествиях. Например, конструкция передней и задней частей кузова легко деформируется, на что при столкновении (или ударе) затрачивается большая часть энергии, в то время как пассажирский салон предохраняется от деформаций, обеспечивая необходимое пространство для выживания водителя и пассажиров.

Передок кузова имеет вертикальный щиток, брызговики передних крыльев, стойки брызговиков, поперечины панелей приборов,

коробку воздухопритока. В передней части кузова размещен двигатель, отсек которого закрывается капотом. Капот установлен на регулируемых петлях, позволяющих регулировать положение крышки в проеме отделения двигателя. Капот в закрытом положении удерживается замком, который отпирается изнутри салона. В зависимости от конструкции капот может открываться как вперед по ходу движения машины, так и назад к ветровому стеклу.

Пол кузова с панелью задка состоит из переднего и заднего полов, пола багажника, пола запасного колеса и пола топливного бака. С панелями полов сварены лонжероны и поперечины полов, соединители центральных стоек, кронштейн поперечной тяги задней подвески и другие детали.

К задку кузова относятся арки задних колес, боковые внутренние панели крыши, рамка задней перегородки с полкой. Багажное отделение закрывается крышкой, установленной на регулируемых петлях. Петли имеют рычажный или торсионный механизм, облегчающий открывание крышки и фиксирующий ее в открытом положении. Крышка багажника имеет замок, удерживающий ее в закрытом положении.

К лицевым деталям кузова относятся передние и задние крылья, панель крыши, боковины, боковые панели крыши, рама ветрового окна, панель заднего окна, панели задка и передка с кожухом фары. Наружные панели выштампованы из стали толщиной 0,7 мм, передний пол и панель крыши — 0,9 мм, брызговики передних крыльев, арки заднего колеса, лонжероны, поперечины пола — 1,0 мм, сильно нагруженные детали (передние лонжероны, центральные стойки) — 1,5 мм. На сваренный кузов навешены съемные узлы: двери, капот, крышка багажника (или дверь задка).

Кузов типа «хэтчбек» в отличие от кузова типа «седан», имеет меньшее количество деталей и выполнен с использованием крупногабаритных панелей. Такая конструкция позволяет значительно сократить количество точек сварки и швов электродуговой сварки. Кузов двухобъемный, легко трансформирующийся из пассажирского в грузопассажирский путем складывания заднего сиденья. Кузов имеет пять дверей: по две боковых и одну заднюю для погрузки и разгрузки багажа. Передок кузова состоит из вертикального щитка передка, брызговиков и коробки воздухопритока. Брызговики имеют передние лонжероны.

Пол кузова состоит из передней, средней и задней панелей. Передняя панель корытообразной формы с туннелем для прокладки выпускных труб, топливопроводов и трубопроводов, задняя панель пола имеет цельноштампованную нишу для запасного коле-

са. Вдоль всего пола приварены лонжероны, образующие с передними и задними лонжеронами силовую конструкцию. К полу также приварены передняя, средняя и задняя поперечины.

Боковины состоят из наружных и внутренних панелей. Наружные панели боковин выполняются совместно с передними, центральными и задними стойками, внутренние — совместно с арками задних колес и усилителями стоек. Рама ветрового окна штампована как единая деталь, к ней в верхней и нижней частях приварены усилители для увеличения жесткости. Панель крыши имеет два усилителя и сзади балку для навески двери задка. К верхней и нижней поперечинам панели задка прикреплены задние фонари. Оперение кузова включает в себя передние крылья, наружные панели боковин, раму ветрового окна, панель крыши и панель задка.

Основные детали кузова выштампованы из листовой низкоуглеродистой холоднокатаной стали с толщиной листов 0,7...0,8 мм. Усилители и передние лонжероны имеют толщину 1...1,8 мм, остальные детали кузова, в том числе и мелкие детали (соединители, кронштейны, надставки), изготовлены из стали толщиной 0,8...2,5 мм. На кузов навешены съемные узлы: передние и задние боковые двери, дверь задка, капот, передние крылья, бамперы, облицовка радиатора и др. Передние крылья прикреплены к каркасу кузова самонарезающими винтами, для уменьшения вибраций и обеспечения шумоизоляции под передние крылья установлены прокладки.

Все типы кузовов помимо конструктивных особенностей имеют много общего в части оформления кузова и салона, обеспечения шумоизоляции и антикоррозионных свойств.

Детали кузова, наиболее подверженные коррозии, изготавливают из стали с односторонним или двусторонним цинкометаллическим покрытием. К таким деталям относятся передняя рамка радиатора, средняя и задняя поперечины пола, разделитель порогов дверей, передние крылья и ряд мелких соединительных деталей. На ряде автомобилей для защиты от коррозии детали изготавливают из специальной стали, имеющей покрытие из неорганического слоя на хромовой основе и цинконасыщенного слоя на эпоксидной основе. Герметизацию кузова обеспечивают резиновыми уплотнителями различных профилей, уплотнительными мастиками, резиновыми заглушками, а также тщательной подгонкой сопрягаемых деталей.

Коробку воздухопритока и проем двери задка уплотняют профилированной резиной, крепящейся к металлическому каркасу.

Проемы боковых дверей снабжают уплотнителями из губчатой резины трубчатой формы с пластмассовым облицовочным кантом и металлическим перфорированным каркасом. Металлический каркас обеспечивает крепление уплотнителя на фланце дверного проема.

Уплотнители опускаемых стекол боковых дверей изготавливают из резины специальных профилей, на уплотняющую поверхность которых наклеивают ворс для уменьшения сил трения при перемещении стекла.

Зазоры в соединениях деталей кузова герметизируют невысыхающей мастикой, а сварные швы кузова — пластизолом, затвердевающим при сушке кузова после окраски. Шумоизоляция салона кузова обеспечивается покрытием поверхностей передней части (щитка и боковых панелей), пола, его порогов, тоннеля и багажного отделения битумными листовыми прокладками, плотно слипающимися с загрунтованной поверхностью.

Наружную поверхность днища кузова, передних крыльев, брызговиков, арок колес, лонжеронов и поперечин пола покрывают пластизолом.

Термошумоизоляция потолка салона осуществляется применением в обивке тонкого слоя из пенополиуретана.

Поверхность кузова окрашивают несколькими слоями синтетической эмали, наносимой на поверхность металла, загрунтованной методом катафореза. Сушка окрашенной поверхности проводится при высоких температурах.

Внутреннюю поверхность кузова облицовывают различными материалами, имеющими матовую поверхность, не дающую бликов. Цвет обивок потолка салона, дверей, сидений, боковин подбирают в зависимости от цвета кузова. Полы салона и багажного отделения покрывают коврами из нетканого материала с основой из полиэтилена.

Боковые двери и дверь задка (при ее наличии) состоят из стальных штампованных наружных и внутренних панелей, профилированных рамок окон дверей и усилителей. Внутри дверей смонтированы замок, стеклоподъемники и направляющие желобки для опускаемого стекла. Внутренний объем дверей вентилируемый, что предохраняет их от коррозии. Просочившаяся между уплотнителями и опускающимися стеклами вода стекает внутрь дверей и через сливные отверстия в нижней части дверей вытекает наружу. Двери оснащены ограничителями открывания и ручками на наружной и внутренней панелях. Двери подвешены на петлях, позволяющих регулировать их положение в проеме. Замки дверей

могут быть роторного или вильчатого типа, что отвечает современным требованиям безопасности. Для предотвращения доступа в салон автомобиля снаружи предусмотрено выключение замка, блокирующее действие наружной ручки. Выключение и включение замка осуществляется кнопкой выключения или выключателем замка двери. Замки задних боковых дверей отличаются от передних наличием дополнительного специального рычага блокировки внутренней ручки двери для обеспечения безопасности при перевозке детей на заднем сиденье. На автомобилях ВАЗ конец рычага блокировки двери входит в торец двери. Блокировка внутренней ручки этим рычагом осуществляется только при открытой двери, перед закрытием которой рычаг опускается вниз и дверь закрывается. Открыть заднюю боковую дверь в этом случае можно ручкой снаружи при выключенной общей блокировке замка двери.

Задняя дверь кузова состоит из наружной и внутренней штампованных панелей с усилителями в местах крепления замка, стеклоочистителя, петель и боковых упоров. Дверь подвешена к кузову на двух внутренних петлях. Удерживаются двери в верхнем положении (открытом) с помощью двух телескопических газонаполненных упоров. Фиксация задней двери в нижнем закрытом положении осуществляется замком; отпирание замка возможно только ключом снаружи.

Капот состоит из наружной и внутренней панелей, изготовленных из листовой стали (толщина 0,7...0,8 мм) и соединенных между собой загибкой фланцев с клеевым слоем. Капот навешивается на двух внутренних петлях, которые могут располагаться как сзади моторного отсека, так и спереди. Расположение петель в передней части моторного отсека несколько затрудняет доступ к двигателю, но исключает самопроизвольное открывание капота встречным потоком воздуха, т.е. повышается безопасность движения. Открытие капота назад по ходу движения автомобиля (петли располагаются сзади) обеспечивает удобный доступ к двигателю и, соответственно, улучшает обслуживание. В одном и другом случае капот оборудован замком, отпираемым изнутри кузова, а при капоте, открывающемся назад по ходу автомобиля, капот оборудуется дополнительным фиксатором, предотвращающем самопроизвольное открывание его при движении. В открытом положении капот фиксируется специальным упором.

С наружной стороны кузова спереди и сзади расположены энергоемкие бамперы, воспринимающие силовое воздействие на автомобиль в продольном направлении при возможных столкно-

вениях или необходимости упора. Бамперы изготавливают из стального листа или из алюминиевой балки с прикрепленной к ней пенополиуретановой облицовкой с включением стекловолокна, или используют просто упрочненную пластмассу. Балки крепят к кузову с помощью двух кронштейнов. Облицовку радиатора изготавливают из микропористого пенополиуретана или тонкого металлического листа. К облицовке крепят решетку радиатора.

Для обеспечения хорошей обзорности кузов имеет остекление, включающее в себя ветровое стекло, заднее стекло, боковые и подъемные (опускаемые) стекла боковых дверей. Форма стекол обтекаемая, боковые стекла имеют цилиндрическую форму. Для изготовления всех окон кузова, кроме ветрового стекла, применяют закаленные стекла, удерживаемые в оконных проемах с помощью резиновых уплотнителей-держателей, обеспечивающих требуемую герметичность и надежность крепления. Основное требование к остеклению автомобиля — травмобезопасность, т.е. стекло не должно наносить ранение своими осколками в случае разрушения. Ветровые стекла должны предотвращать попадание в салон посторонних предметов (например, камней и др.), т.е. быть достаточно прочными. В то же время стекла должны обеспечивать четкую различимость предметов и сигналов светофора и не создавать оптических искажений.

Стекла могут быть тонированными, со светопоглощающим покрытием. По нормативной документации установлены следующие значения светопропускания автомобильных стекол: ветровые — не менее 75 %, передних дверей — не менее 70 %, прочих стекол — не менее 60 %. К недостаткам тонированных стекол относится ухудшение видимости и контрастности окружающей обстановки, особенно в вечернее и ночное время.

Задние стекла легковых автомобилей делают с обогревателем. Обогреватель может иметь конструкцию, состоящую из нескольких нитей накаливания.

Для обеспечения хорошего обзора с водительского места при неблагоприятных погодных условиях (дождь, снег или брызги грязи) на автомобиле устанавливают стеклоочистители с электроприводом. Основной элемент стеклоочистителя — щетки, которые состоят из эластичной ленты, упругих пластин и каркаса. Лента представляет собой резиновую полосу со специальным профилем. Конструкция каркаса обеспечивает «плавающее» состояние ленты, в результате чего рабочая часть ленты может по всей длине прижиматься к выпуклому стеклу различной кривизны, соскабливая с него слой воды, грязи или снега.

Ветровое и заднее стекла омываются жидкостью. Омыватели состоят из нагнетательного насоса с электродвигателем, питающего бачка с жидкостью, электромагнитного клапана омывателя стекла, жиклеров омывателей стекол, тройников-разделителей потока жидкости и эластичных соединительных трубок. Бачок устанавливают в моторном отсеке, рядом с ним закрепляют нагнетательный насос и электромагнитные клапаны. Насос и клапаны соединяют трубкам с жиклерами, которые устанавливают в отверстия наружной панели капота для смывания ветрового стекла и в панели крыши над дверью задка при трех- или пятидверном варианте моделей автомобиля.

Панель приборов располагают под ветровым стеклом; ее изготавливают из энергопоглощающего материала и облицовывают декоративной пластмассой и пленкой. К панели крепят воздухопроводы вентиляции и отопления салона. Панель имеет полки и вещевой ящик; на панели располагаются комбинация приборов, различные рычаги и кнопки включения (или выключения) и управления работой систем освещения, кондиционирования, смывания и очищения стекол и др.

Многие современные автомобили имеют механизмы регулировки положения рулевого колеса. Рулевое колесо может занимать различные положения в вертикальной (наклон) и продольной (изменение длины рулевого вала) плоскости. Регулировка положения рулевого колеса может осуществляться как вручную, так и с применением электропривода, управляемого электроникой. Некоторые автомобили «Ауди» снабжены несколькими различными комплектами ключей, предназначенными для членов одной семьи. При этом положение рулевого колеса и сиденья автомобиля запоминается программным коммутатором для каждого члена семьи. При нажатии кнопки на брелке отключается сигнализация, открываются двери автомобиля, а сиденье и рулевое колесо устанавливаются в положение, которое было задано заранее для данного члена семьи, который будет управлять автомобилем.

6.3. ОБОРУДОВАНИЕ КУЗОВОВ

Сиденья автомобиля. Передние сиденья «анатомические», раздельные, типа кресел, с подголовниками (с регулируемым или нерегулируемым положением), с бесступенчатой регулировкой наклона спинки, с регулировкой положения сидений по длине салона, а также (на ряде зарубежных автомобилей) с регулировкой и

по высоте. Переднее сиденье автомобилей установлено на двух салазках и качающейся стойке основания, которая размещена шарнирно в передних кронштейнах, закрепленных на полу кузова. При этом с целью обеспечения безопасности места крепления сидений должны быть прочными и предотвращать отрыв сиденья при возможных лобовых ударах.

Основание подушки сиденья состоит из стальных рамок и штампованного из стали поддона, на которые наложена подпружиненная подушка из пенополиуретана. Нижняя подушка сиденья имеет поперечный выступ в передней части, предотвращающий «подныривание» при возможном столкновении.

Основание спинки представляет собой стальные рамки с закрепленными на них проволочными пружинами. Спинка сиденья не должна складываться при ударе в нее пассажира, расположенного сзади. Основание спинки шарнирно соединено с основанием подушки. К основанию спинки приварены направляющие подголовника, который регулируется вручную по высоте и углу наклона. На некоторых автомобилях переднее сиденье автомобиля выполняется с подголовником как единое целое и положение подголовника не регулируется. На автомобилях «Хонда» подголовник регулируется по высоте и фиксируется кнопкой. Регулировка осуществляется таким образом, чтобы верхняя часть подушки подголовника находилась на одном уровне с верхним краем ушной раковины человека. Такое положение подголовника обеспечивает наибольшую защиту шейных позвонков при продольных ускорениях. На автомобилях «Рено» положение подголовника регулируется перемещением его вверх, вперед и назад. Регулировка положения подголовников осуществляется вручную.

Каждое из передних сидений имеет механизмы передвижения сиденья вперед и назад, регулирования наклона спинки, а на двухдверных автомобилях — откидывания вперед (для посадки пассажиров на заднее сиденье). Механизм передвижения сиденья имеет салазки, состоящие из направляющих и ползунов. Направляющие крепятся задним кронштейнам кузова, по ним на роликах перемещаются ползуны. Для предохранения роликов от выпадения и ограничения их сближения на нижней плоскости в крайних и средней части имеются выштамповки. Смещение ползунов вверх и в стороны ограничивается профильными закраинами ползунов и направляющих. Ползуны шарнирно соединены с основанием подушки. Сиденье фиксируется в требуемом положении защелками, каждая из которых прижимается пружиной в одном из пазов гребенчатого фиксатора механизма передвижения. Фикса-

торы жестко связаны с направляющими. Защелка наружных салазок имеет рукоятку передвижения сиденья. При нажатии на рукоятку защелка выводится из зацепления с гребенчатым фиксатором и сиденье можно передвинуть в нужное положение. При опускании рукоятки сиденье фиксируется защелками.

Механизм регулирования наклона спинки позволяет вручную изменять ее положение, создавая наиболее удобный угол наклона. Механизм состоит из двух пар верхних и нижних звеньев. Верхние звенья приварены к основанию спинки и соединены с нижними шарнирно с помощью двух эксцентриков и двух зубчатых пар внутреннего зацепления. Поворотом рукоятки оба эксцентрика поворачиваются, обеспечивая отклонение верхних звеньев и спинки переднего сиденья на требуемый угол и фиксацию данного положения.

На автомобилях «Рено» установлен механизм регулировки высоты водительского сиденья, для чего с внешней стороны водительского сиденья имеется специальный рычаг. Аналогичный механизм задействован и на автомобилях «Хонда», где регулировка подушки сиденья водителя по высоте (применяется не на всех моделях автомобилей) производится вращением маховичка, расположенного с внешней стороны кресла.

На ряде моделей автомобилей «Шевроле» установлены сиденья водителя с электрической регулировкой изменения его продольного и вертикального положения. Для этого на левой стороне подушки сиденья расположены выключатели. Независимо от указанных регулировок предусмотрена и возможность изменения наклона подушки сиденья с помощью двух дополнительных выключателей.

Конструкция некоторых сидений позволяет изменять их форму для большего удобства. Например, внутри сидений располагают надувные полости, объем которых можно регулировать с помощью ручного насоса или компрессора с электроприводом.

На автомобилях «Хонда» и «Шевроле» имеются механизмы регулировки поддержки поясничной части спины водителя: при ручной регулировке — вращением маховичка, расположенного на боковой нижней части спинки кресла; при электрической регулировке — надувом поясничного упора в спинке сиденья, что выполняется с помощью выключателя, расположенного на боковой поверхности подушки сиденья. Подобные механизмы управления положением сиденья водителя имеются и на автомобилях других фирм.

Под обивкой ряда сидений могут располагаться нагревательные элементы, интенсивность нагрева которых регулируется водителем. Появились автомобили, в сиденья которых встроены

вентиляторы, обеспечивающие обдув через пористую структуру обивки подушки и спинки.

Заднее сиденье состоит из подушки и спинки, основания которых изготовлены из листовой стали. На основания уложены мягкие набивки из пенополиуретана, обтянутые обивкой из трикотажного материала. В нормальном положении подушки и спинка фиксируются замками. Замок подушки состоит из фиксатора, корпуса замка и подпружиненной защелки. Для подъема подушки необходимо вывести защелку из соединения с фиксатором. При опускании подушки защелка автоматически запирается фиксатором. Спинка заднего сиденья фиксируется замками с подпружиненными языками.

На ряде автомобилей задние сиденья могут выполняться раздельными, в этом случае наклон спинок сидений регулируется. На крайних местах спинок заднего сиденья устанавливают подголовники. При раздельных задних сиденьях они могут быть оборудованы подлокотником, расположенным посередине между спинками сидений.

Стеклоподъемники и механизм блокировки. Легковые автомобили иностранного производства оборудованы автоматическими стеклоподъемниками, приводимыми в действие электродвигателями. Применяют две системы привода стекол дверей: электродвигатель через прямозубую цилиндрическую шестерню передает усилие на стандартный механизм стеклоподъема; электродвигатель передает усилие посредством гибкого троса. Обе применяемые системы стеклоподъема оборудованы ограничителями хода и самоблокировкой. Блокировку устанавливают для предотвращения захватывания при подъеме стекла пальцев руки. Механизм стеклоподъема может работать как через ручной клавишный переключатель, так и при совмещении с автоматическим закрытием замков дверей (блокировкой замков).

На автомобилях, имеющих на крыше кузова люк, могут применяться механизмы управления крышкой люка. Современные устройства управления крышкой люка представляют собой конструкцию, обеспечивающую наклон крышки и ее скольжение. Для управления крышкой люка служит электронная система с микрокомпьютером.

Контроль крайних положений открытия и закрытия крышки обеспечивается с помощью микровыключателей или датчиков Холла. Приводом для крышки служит, как правило, тросовый механизм с двигателем постоянного тока номинальной мощностью порядка 30 Вт и червячным редуктором.

В системе блокировки автомобильных дверей, багажного отсека, капота двигателя и люка горловины топливного бака используют пневматические или электрические исполнительные механизмы. В пневматических системах электрический двигатель, приводящий в движение реверсивный насос двухстороннего действия, создает необходимое давление или разрежение. Более широкое применение нашла блокировка, работающая от электродвигателя с понижающим зубчатым механизмом с замочным устройством. При этом в механизме блокировки предусмотрена возможность открытия дверей ключом в случае возникновения неисправности в системе электропитания. В большинстве случаев система блокировки автомобиля управляется на расстоянии при применении ультразвуковых или инфракрасных дистанционных блоков управления.

Вентиляция и обогрев. На отечественных и многих зарубежных легковых автомобилях отопление салона обеспечивается воздухом, подогретым отопительной системой, подключенной к системе охлаждения двигателя. Вентиляция салона происходит под воздействием принудительного потока свежего воздуха, забираемого из-под задней кромки капота перед ветровым окном. Наружный воздух в теплую погоду поступает в салон через опущенные окна боковых дверей или потолочный люк (при его наличии), а также через верхние щели вентиляционной системы при открытии заслонок. При стоянке или движении с малой скоростью приток свежего воздуха увеличивается включением электровентилятора отопителя (поток воздуха при этом минует радиатор отопителя).

Для обогрева салона в холодную погоду рукояткой на панели приборов открывается кран отопителя и горячая вода из системы охлаждения двигателя поступает в радиатор отопителя и циркулирует совместно с основной системой охлаждения. В этом случае воздух проходит через отопитель и обогревает салон. При открытии заслонок нагретый воздух может поступать на обогрев ветрового стекла и через боковые сопла к окнам боковых дверей. Интенсивность движения теплого воздушного потока может регулироваться работой вентилятора на трех частотных режимах.

Температура воздуха, подаваемого в салон, и его направление в различные зоны регулируется положением заслонок радиатора отопителя и воздухораспределителей, управление которыми осуществляется рычагами, расположенными на панели приборов. Поток воздуха, подаваемый в салон через решетку, расположенную на панели приборов, путем поворота решетки по вертикали или горизонтали, можно направлять в нужную часть салона.

На автомобилях предусмотрена и вытяжная вентиляция, отсасывающая воздух из салона кузова. Как правило, отсос воздуха из салона осуществляется за счет разности давления, возникающего при движении автомобиля между дефлекторами на наружной части кузова и специальными воздухопроводными отверстиями в задней части кузова.

Дефлекторы имеют резиновые клапаны, которые отжимаются воздушным потоком при выходе воздуха из салона наружу. В то же время резиновые клапаны предотвращают попадание в салон наружного воздуха при боковом ветре.

Система отопления и вентиляции салона зарубежных автомобилей работает аналогично. Отличительной особенностью систем с ручным управлением формирования микроклимата можно считать увеличение количества скоростных режимов работы вентилятора и обеспечение плавного изменения скорости его работы (например, автомобили «Хонда»), а также большое количество потоков распределения движения воздуха по салону.

На ряде автомобилей введен режим рециркуляции воздуха, при котором салон автомобиля изолируется от поступления наружного воздуха, а вентилятор обеспечивает циркуляцию воздуха в салоне по замкнутому кругу. Такой режим необходим при движении автомобиля в очень запыленной местности или загрязненного воздуха окружающей среды. Включение и выключение режима осуществляется водителем нажатием кнопки со световой индикацией.

Кондиционирование салона автомобиля. В зависимости от варианта исполнения автомобиля в систему создания необходимого микроклимата в салоне вводят кондиционер. Кондиционер, как правило, работает в трех режимах: максимальном и нормальном (третий режим предусматривает отключение кондиционера при работающей системе отопления и вентиляции).

При работе в нормальном режиме кондиционер охлаждает воздух, поступающий в салон снаружи.

При работе кондиционера в максимальном режиме поступление свежего воздуха в салон прекращается, и кондиционер охлаждает рециркулирующий воздух. Максимальный режим работы кондиционера обеспечивает быстрое охлаждение воздуха в салоне и одновременно изоляцию салона от внешней среды при движении по местности с высоким запылением или остановке в условиях экологически неблагоприятных (например, в местах скопления большого количества автомобилей, пробках на дорогах и т.п.).

Кондиционер позволяет не только снизить температуру воздуха в салоне при высокой наружной температуре, но и обеспечивает снижение влажности воздуха, поступающего в салон.

Работа кондиционера основана на постоянном снижении температуры воздуха за счет поглощения теплоты в теплообменнике-испарителе при переходе хладагента из жидкого состояния (полученного при его сжатии в компрессоре) в газообразное и отведении теплоты из салона в атмосферу. Таким образом, цикл работы кондиционера заключается в сжатии газообразного хладагента, переводе его в жидкое состояние и конденсации в теплообменнике-конденсаторе с выделением теплоты, затем обратном переходе в газообразное состояние в теплообменнике-испарителе с поглощением теплоты. Компрессор расположен в моторном отсеке, теплообменник-испаритель — в салоне, теплообменник-конденсатор — перед радиатором двигателя в моторном отсеке, обдув которого осуществляется вентиляторами.

Основной агрегат системы кондиционирования — компрессор с регулируемым рабочим объемом и приводом от двигателя автомобиля. Основу компрессора составляет машина, обеспечивающая сжатие газообразного хладагента низкой температуры и низкого давления и преобразование его в газ высокой температуры и давления. В компрессорах применяют поршневые (аксиально-поршневого, поршневые рядного и V-образного типов) и роторно-лопастные машины. Привод компрессора осуществляется ременной передачей через фрикционную электромагнитную муфту, приводящую в движение вал компрессора при подаче напряжения на ее обмотку. Система кондиционирования может работать только при работающем двигателе. В качестве хладагента используют газ HFC-134a (R-134a), применяемый совместно со специальным маслом PAG для холодильных установок, предназначенным для смазывания узлов трения компрессора.

Простейший цикл работы кондиционера следующий (рис. 6.1). В ресивере 7 под давлением находится жидкий хладагент с температурой окружающей среды. Из ресивера хладагент через редуктор поступает в испаритель 2. Испаритель обдувается вентилятором, забирающим воздух либо снаружи автомобиля, либо из салона. Хладагент, пройдя через редуктор, испаряется внутри змеевика испарителя, давление и температура его понижаются и он переходит в газообразное состояние. Для обеспечения постоянства цикла газ вновь переводится в жидкое состояние. С этой целью используется компрессор 9, работающий от вала двигателя, где газ сжимается до высокого давления. Затем газ охлаждается в конден-

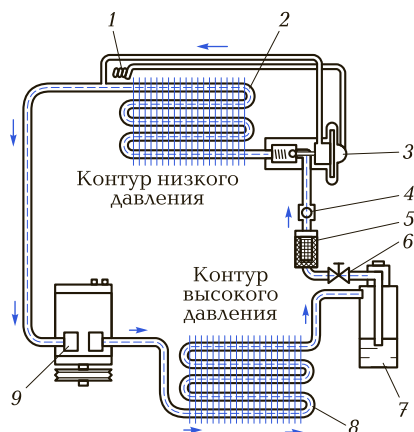


Рис. 6.1. Принципиальная схема кондиционера:

1 — датчик температуры; 2 — испаритель; 3 — редукционный клапан; 4 — смотровое окно; 5 — фильтр; 6 — кран; 7 — ресивер; 8 — конденсатор; 9 — компрессор с электромагнитной муфтой

саторе (теплообменнике) 8, который обдувается внешним воздухом, переходит в жидкую фазу, возвращается в ресивер и цикл повторяется. Ресивер кондиционера не только обеспечивает хранение хладагента, но фильтрует его и удаляет влагу. Влага удаляется с помощью адсорбента, имеющего ограниченный срок службы. Редуктор понижает давление жидкого хладагента и управляет его расходом в зависимости от температуры на выходе из испарителя. В редукторе установлен терморегулятор, который уменьшает подачу жидкого хладагента в случае его очень низкой температуры при выходе из испарителя. Наиболее распространены поршневые автомобильные компрессоры, приводимые в действие от коленчатого вала двигателя с помощью ременной передачи и электромагнитной муфты.

Внимание! В автомобильных компрессорах запрещается применять хладагент фреон R-12 со смазочными маслами на минеральной основе. Смесь воздуха с хладагентом R-134a при повышенном давлении огнеопасна и может взорваться. Поэтому необходимо строго придерживаться определенных мер обеспечения безопасности, приведенных в эксплуатационной документации.

Основу компрессора составляет поршневая машина с наклонным диском и пятью аксиально расположенными цилиндрами. Регулятор рабочего объема состоит из клапана с сифонным чув-

ствительным устройством, который расположен в задней крышке компрессора. Клапан реагирует на давление в полости всасывания компрессора. Угол наклона подвижного диска и рабочий объем компрессора зависят от разности давлений в картере компрессора и полости всасывания. Когда требуется большая производительность компрессора, давление на всасывании превосходит контрольное значение, и клапан находится в открытом положении. При этом полость картера компрессора соединена с полостью всасывания, и давление в них одинаково. Наклонный диск устанавливается в положение максимальной производительности компрессора. При уменьшении потребной производительности компрессора и достижении давления на всасывании контрольного значения клапан открывает доступ вытесняемому газу в полость картера компрессора и отсоединяет ее от полости всасывания. Равновесный угол наклона подвижного диска устанавливается под действием сил, действующих на поршни. Небольшое увеличение разности давлений в картере компрессора и в полости всасывания приводит к появлению равнодействующей силы поршней, которая поворачивает диск в сторону уменьшения производительности компрессора. Компрессор снабжен редукционным клапаном, который выполняет защитную функцию. В некоторых случаях давление на выходе компрессора может достигнуть предельно допустимого значения. Для исключения повреждения системы редукционный клапан отрегулирован на предельное давление.

Теплообменник-конденсатор расположен перед радиатором системы охлаждения двигателя и предназначен для быстрого охлаждения и конденсации сжатых компрессором до высокого давления паров хладагента в жидкость. Охлаждение обеспечивается за счет теплопередачи в воздух, омывающий змеевик теплообменника с развитым оребрением.

Теплообменник-испаритель предназначен для охлаждения и уменьшения влажности воздуха, поступающего в салон автомобиля. После прохождения жидкого хладагента через дроссель давление уменьшается, и хладагент попадает в теплообменник испарителя. Охлаждение воздуха, омывающего развитую оребренную поверхность испарителя, обеспечивается за счет теплопередачи от воздуха к хладагенту, который переходит в газообразное состояние с поглощением теплоты. При охлаждении воздуха на холодных трубках и ребрах испарителя одновременно происходит конденсация содержащихся в воздухе паров воды.

В системе кондиционирования предусмотрены выключатели высокого и низкого давления. Выключатель высокого давления

(реле давления) расположен на задней крышке компрессора и подключен к выходной напорной магистрали. Выключатель предохраняет компрессор от чрезмерного повышения давления нагнетания и уменьшает потери хладагента через редукционный клапан. Нормально замкнутое реле давления разрывает электрическую цепь компрессора при достижении давления нагнетания выше нормы. При снижении давления до заданного уровня реле снова включает компрессор. На некоторых автомобилях для предохранения компрессора используется выключатель низкого давления (реле давления), который может располагаться в задней крышке компрессора или присоединяться к гидравлической магистрали, где циркулирует жидкий хладагент. Выключатель срабатывает при потерях и снижении заряда хладагента в системе. Этот выключатель также предотвращает включение компрессора при низкой температуре окружающего воздуха.

На ряде легковых автомобилей иностранного производства устанавливают кондиционеры автоматического поддержания температуры в салоне. Они регулируют температуру и воздухообмен на основе данных о внешней температуре, интенсивности солнечного излучения и температуре воздуха в салоне. Рассмотрим автоматическую схему кондиционирования, представленную на рис. 6.2. Режим стабилизации температуры включается выключателем *S1*. При этом в электронный блок управления поступают данные от датчиков температуры воздуха в салоне *D2* и вне салона (окружающей среды) *D4* автомобиля, интенсивности солнечного излучения *D3* и температуры охлаждающей жидкости двигателя *D5*. На основании этих сигналов ЭБУ вычисляет необходимую температуру воздуха и управляет величиной открытия заслонки воздушного смесителя *4* и водяного клапана *8*.

С помощью автоматического кондиционера решаются следующие задачи:

- обеспечивается управление работой компрессора путем включения и выключения электромагнитной муфты;
- регулируется температура воздуха на выпуске путем изменения степени открытия заслонки воздушного смесителя;
- регулируется интенсивность потока воздуха путем изменения частоты вращения вала электродвигателя вентилятора;
- управляется поступление воздуха из атмосферы или салона путем переключения заслонок охладителя и нагревателя.

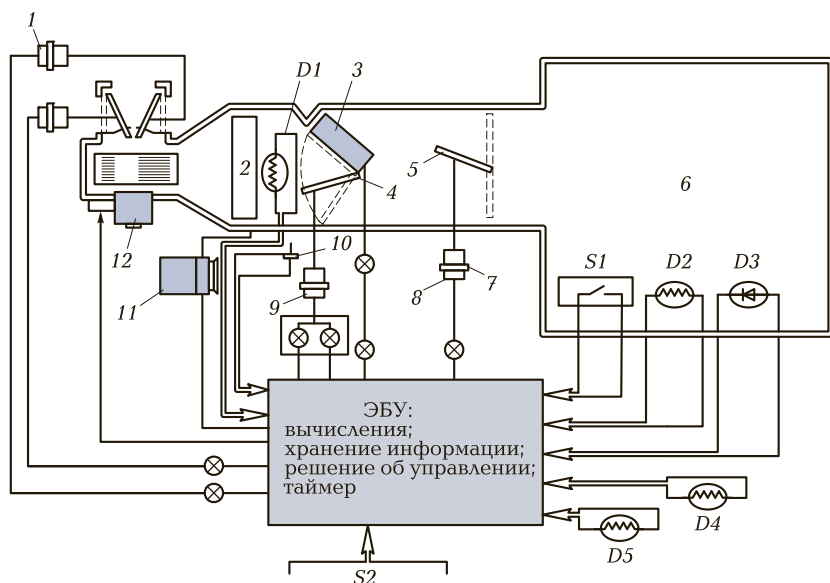


Рис. 6.2. Схема автоматического кондиционирования:

1, 5 — заслонки соответственно впускная и выпускная; 2 — испаритель; 3 — подогреватель; 4 — заслонка воздушного смесителя; 6 — внутренний объем салона; 7 — мембрана выпускного отверстия; 8 — водяной клапан; 9 — силовой сервомеханизм; 10 — потенциометр; 11 — компрессор; 12 — электродвигатель вентилятора; D1 — датчик температуры испарителя; D2, D4 — датчики температуры воздуха соответственно в салоне и вне салона; D3 — датчик интенсивности солнечного излучения; D5 — датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя; S1 — выключатель установки температуры; S2 — переключатель режима

Регулирование температуры происходит следующим образом. Впускная заслонка переключается на поступление воздуха из атмосферы или из салона. Поступающий воздух охлаждается в теплообменнике при помощи испарителя 2, происходит конденсация и удаляется влага. Охлажденный и обезвоженный воздух в зависимости от степени открытия заслонки смесителя 4 частично нагревается, проходя через нагреватель, а часть воздуха, минуя нагреватель, поступает в смеситель. Оба потока нагретого и охлажденного воздуха поступают в смеситель, где, перемешиваясь, приобретают требуемую температуру и через выпускную заслонку поступают в салон.

На ряде автомобилей вместо поршневых компрессоров применяют роторно-пластинчатые. Такие компрессоры имеют малые габаритные размеры, небольшую массу и обладают высокой плавно-

стью в работе. Получают распространение в автомобильных кондиционерах и переменнo-угловые пластинчатые двигатели, а также компрессоры с электрическим приводом. Достоинством электрического двигателя является возможность электронного управления работой компрессора.

Последние выпуски зарубежных автомобилей оборудованы системой «климат-контроль», которая управляется с помощью электроники, используя датчики температуры и интенсивности солнечного излучения, что позволяет автоматически поддерживать требуемые параметры микроклимата независимо от наружной температуры.

Фирмой «Делко Электроникс» разработана система регулирования микроклимата в салоне автомобиля, основанная на контроле солнечной радиации. Система представляет собой комплекс технических средств, позволяющих управлять микроклиматом в салоне путем изменения потока солнечного излучения, проникающего через остекление кузова. С помощью инфракрасных лучей измеряется температура в зоне контакта пассажиров с окружающим их пространством, автоматически определяется уровень комфорта и затем он поддерживается автоматически.

6.4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Обеспечение пуска двигателя в зимних условиях. Эксплуатация автомобиля в зимнее время осложняется запуском двигателя при низких температурах. Для облегчения пуска двигателя, снижения расхода топлива и износа деталей двигателя применяют предпусковые подогреватели системы охлаждения двигателя. Электрические подогреватели с нагревательным элементом питаются от внешней электросети напряжением переменного тока 220 В.

Существуют предпусковые подогреватели, работающие на тепловой энергии, образуемой при сжигании жидкого или газообразного топлива. Такие подогреватели включают в систему охлаждения двигателя, обеспечивая циркуляцию нагретой в подогревателе жидкости через двигатель, радиатор и теплообменник подогревателя.

Предпусковые подогреватели аккумуляторного типа обеспечивают замену холодной жидкости в системе охлаждения двигателя

на горячую из специального термоаккумулятора, объем которого равен объему охлаждающей жидкости в двигателе.

Особую сложность вызывает пуск дизеля зимой, так как дизельное топливо загустевает, в нем образуются кристаллы парафина, блокируя работу фильтров и топливопроводов. Поэтому подогреватели для дизелей предусматривают подогрев топливных фильтров, топливных баков и топливных магистралей. Подогреватели работают на легковых автомобилях от внешней электрической сети напряжением 220 В, а предпусковые свечи накаливания и прогрев некоторых элементов системы питания двигателя осуществляется от бортовой сети автомобиля.

Элементы активной и пассивной безопасности автомобиля. Обеспечение безопасности водителя и пассажиров — одна из важнейших проблем. Безопасность автомобиля подразделяется на активную и пассивную.

Активная безопасность определяется непосредственно конструкцией автомобиля и его техническими качествами. На активную безопасность влияет устойчивость автомобиля, определяемая способностью противостоять заносу и опрокидыванию на поворотах при движении на высоких скоростях; управляемость и маневренность, определяемые легкостью рулевого управления и минимальным радиусом поворота; тормозные свойства, определяемые величиной тормозного пути и замедлением; плавность хода, зависящая от конструкции системы поддрессоривания и определяемая величиной минимального динамического воздействия на водителя и пассажиров при движении, и т. д.

Пассивная безопасность делится по своей функциональной направленности на предупредительную и конструктивную. Предупредительная безопасность направлена на сохранение жизни и снижение тяжести травм путем применения средств индивидуальной и коллективной защиты. Конструктивная функция пассивной безопасности обеспечивается деформируемостью и энергоемкостью бамперов, кузова и его частей, наличием травмобезопасных элементов внутри и на наружной части кузова.

Большое распространение на автомобилях получили ремни безопасности, которые устанавливают на передних и задних сиденьях. Ремни безопасности состоят из диагонального и набедренного ремней с инерционными механизмами и амортизирующим устройством. На зарубежных автомобилях имеются сигнализаторы непристегнутых ремней, предупреждающие водителя и пассажиров световым и звуковым сигналом. В последнее время применяют ремни безопасности с натяжителями, способствующими

лучшему удержанию водителя и пассажиров при аварийной ситуации.

На ряде автомобилей устанавливают надувные подушки, защищающие водителя и переднего пассажира при лобовых столкновениях автомобилей. Подушки безопасности в сложенном виде встроены в ступицу рулевого колеса и в правую часть панели управления. Подушки безопасности входят в дополнительную к ремням безопасности систему и содержат газогенераторы (для быстрого наполнения газом подушек); датчики замедления, срабатывающие при лобовом ударе и информирующие блок управления о включении газогенератора; электронный блок управления; дублирующие элементы электропитания и сигнализаторов, предупреждающие водителя о возможных неисправностях системы подушек безопасности.

На некоторых автомобилях устанавливают активные подголовники, которые при ударе перемещаются, препятствуя запрокидыванию головы.

Для предотвращения возгорания автомобиля после ДТП топливный бак размещают в местах, наиболее защищенных от ударов.

Автомобили оборудуют энергопоглощающим бампером, увеличивающим длительность периода замедления при столкновении. Бамперы превращают энергию удара в энергию упругой или пластической деформации или работу сил трения. Бамперы изготавливают из пенополиуретана и содержат различные элементы, воспринимающие, преобразующие и поглощающие энергию удара.

Перспективны системы, обеспечивающие зоны безопасности вокруг автомобиля с помощью электронных устройств. В частности, на ряде автомобилей устанавливают электронные устройства, обнаруживающие близлежащие, но не видимые водителю объекты, что помогает при парковке.

Разрабатываются системы для обнаружения движущихся объектов и предупреждающих водителя о возможном боковом или продольном столкновении при движении. Основу такого устройства составляет радарный датчик расстояния, подающий сигнал в контрольный блок управления двигателем, трансмиссией и тормозной системой.

Охранные (противоугонные) системы. Для предотвращения угонов существуют разнообразные охранные системы и устройства: предупредительная сигнализация; защитные средства (механические противоугонные средства, защитные средства с подачей звукового сигнала, электронная защита — иммобилайзеры, противоугонная маркировка).

Предупредительная сигнализация предназначена для оповещения владельца автомобиля и окружающих лиц о попытке несанкционированного доступа в автомобиль посторонних лиц. Эта функция выполняется включением прерывистого звукового сигнала или сирены и активного мигания световыми приборами.

К механическим противоугонным средствам относятся специальные замки и приспособления, устанавливаемые на колеса, педали газа и тормоза, рулевое колесо.

В дополнение к устройствам блокировки зажигания и рулевого колеса для защиты автомобиля от угона применяют электронные автомобильные иммобилайзеры (от лат. *immobilis* — неподвижный). Иммобилайзер — устройство, позволяющее «порвать» электрическую цепь в нескольких местах. В схеме иммобилайзера имеется несколько реле, каждое из которых обслуживает канал прерывания. Каждое реле выполняет функцию секретного тумблера, который размыкает стартер, аппаратуру управления впрыском топлива, бензонасос, катушки зажигания и др.

Противоугонная маркировка автомобилей в России называется «ЛИТЭКС». В основу системы положено нанесение на отдельные составные части автомобиля буквенно-цифрового кода. Система предусматривает нанесение видимых и невидимых меток на стекла, двери, наружную светотехнику и др. Видимая маркировка наносится пескоструйным методом, невидимая — специальным химическим составом.

Перспективным направлением защиты автомобиля от угона считается применение радиосигнализаторов. Радиосигнализатор имеет два режима работы: обычной эксплуатации и противоугонной. В обычном режиме электромагнитные колебания в излучателе шунтируются и система зажигания работает в нормальном режиме. В противоугонном режиме работа двигателя прекращается и контактные группы размыкаются.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение кузова. По каким признакам классифицируются кузова?
2. Опишите устройство кузовов легковых автомобилей.
3. Какими основными устройствами оборудуется кузов автомобиля?
4. Как работают системы вентиляции, обогрева и кондиционирования кузова автомобиля?
5. Какими системами обеспечивается безопасность эксплуатации автомобиля?

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ АГРЕГАТОВ АВТОМОБИЛЯ

Двигатель Стирлинга. Двигатель запатентовал шотландский священник Р. Стирлинг в 1816 г., а реализовал его конструкцию Д. Стирлинг в 1843 г.

При работе двигателя Стирлинга используется основной закон термодинамики, гласящий, что произведение объема газа на давление пропорционально произведению газовой постоянной на температуру, т.е. что газ при нагревании расширяется и объем его увеличивается, а при охлаждении объем его уменьшается. Поэтому основным принципом работы двигателя является постоянно чередуемые процессы нагревания и охлаждения рабочего тела в закрытом цилиндре. Рабочим телом может служить воздух, водород, гелий и другие газообразные и жидкие рабочие тела. Цикл двигателя состоит из четырех фаз, разделенных двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику теплоты. Таким образом происходит расширение и сжатие газа, находящегося в цилиндре, при переходе от теплого источника к холодному, и наоборот. При этом изменяется давление, в результате чего можно получить полезную работу (рис. П1).

Фаза 1. Внешний источник теплоты нагревает газ в левой части теплообменного цилиндра. Создается давление, толкающее поршень вправо (вытеснительный поршень неплотно прилегает к стенкам цилиндра).

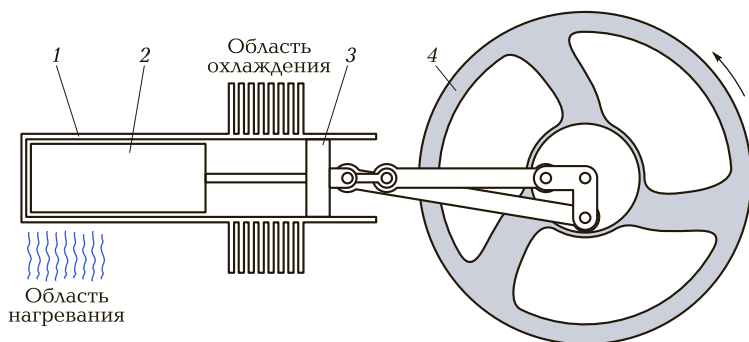


Рис. П1. Конструктивная схема двигателя Стирлинга:

1 — корпус двигателя (цилиндр); 2 — вытеснительный поршень; 3 — рабочий поршень; 4 — маховик

Фаза 2. Маховик толкает вытеснительный поршень влево, тем самым перемещая разогретый газ из левой части в охлаждающую камеру.

Фаза 3. Газ охлаждается и сжимается, поршень перемещается влево.

Фаза 4. Вытеснительный поршень перемещается вправо, тем самым перемещая охлажденный газ в левую часть цилиндра. Цикл повторяется.

В машине Стирлинга движение рабочего поршня сдвинуто на 90° относительно движения поршня вытеснителя. В зависимости от знака сдвига машина может быть двигателем или тепловым насосом. При нулевом сдвиге работа не производится.

Наряду с большими преимуществами двигателя — большой ресурс, высокая экономичность, бесшумность, обусловленная отсутствием выхлопа, и экологичность — двигатель имеет и недостатки. К недостаткам относятся большая материалоемкость, необходимость работать при высоких давлениях и при высокой теплонапряженности материалов корпуса двигателя, сложность при создании требуемого теплообмена и др.

Бесступенчатая клиноременная передача (вариатор). Бесступенчатые трансмиссии, как правило, классифицируются по типу передачи, обеспечивающей бесступенчатое изменение коэффициента передачи. Вариатор — механическая передача, основанная на передаче вращения (крутящего момента) трением через промежуточное тело (ремень, цепь, ролик), которое можно переводить в любую точку переменного радиуса ведущего или ведомого шкива, получая необходимое передаточное число. Наибольшее распространение получил клиноременной вариатор.

Бесступенчатая трансмиссия обеспечивает постоянную работу двигателя при различных крутящих моментах, а следовательно — оптимальную динамику разгона и требуемый момент в зависимости от характеристики дороги. Вариатор не разрывает потока мощности, тем самым минимизируя расход топлива (рис. П2).

Главной серьезной проблемой трансмиссии с клиноременной передачей был ограниченный ресурс клиновидного ремня (например, передача «Вариоматик»). Вопрос практичности вариатора был решен братьями Ван Дорны, запатентовавшими ремень из наборных пластин. Многослойная конструкция оказалась существенно выносливей, ремень не тянул муфту, а толкал, благодаря чему ресурс вариатора значительно увеличивался.

Дальнейшие работы по увеличению ресурса ремней позволили применить вместо ремня цепь («Ауди»). Однако, решив задачу прочности передаточного звена, возник вопрос термостойчивости. Вариатор сильно нагревался. Решение было найдено компаниями «Ауди» и ZF, создавшими систему «Мультиатроник». По способу передачи крутящего момента «Мультиатроник» относится к клиноременным вариаторам.

Дальнейшее развитие бесступенчатых передач позволило создать тороидный вариатор, принцип работы которого исключает промежуточное звено в виде ремня или цепи. Момент передается роликами, расположенными на соосных дисках. Передаточное число такой трансмиссии меняется путем изменения радиуса, по которому контактируют обоймы с роликами. Грубо говоря, скорость автомобиля, оснащенного тороидным вариатором, зависит от взаимоположения контактных роликов. Такой механизм используется на автомобиле «Ниссан Седрик». Изменить передаточное

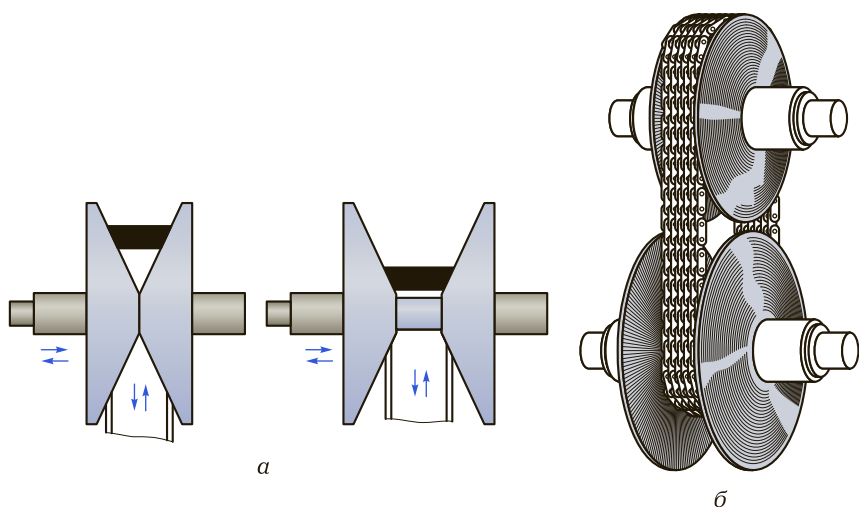


Рис. П2. Бесступенчатая трансмиссия с гибкой связью:

а — схема работы вариатора; б — конструкция вариатора

число вариатора в данном случае помогает гидравлика: по сигналу электронного блока управления она сдвигает роликовые обоймы по вертикали. Нарушенная в результате этого соосность дисков обеспечивает самостоятельный поворот роликов. Ресурс вариатора — порядка 100 тыс. км пробега.

Бесступенчатые клиноременные передачи получили широкое применение в малогабаритных автомобилях, а также в автомобилях среднего класса. В большинстве случаев один или оба шкива (ведущий и ведомый) оборудованы раздвижными боковинами. Зазор между боковинами шкивов определяется центробежным регулятором. При повышении частоты вращения вала двигателя и, соответственно, ведущего вала боковины ведущего вала сдвигаются, тем самым увеличивая посадочный диаметр шкива, а коэффициент передачи уменьшается.

Клиноременной вариатор на автомобиле «Вольво» устанавливается в трансмиссии между главной передачей и ведущими колесами (рис. П3). Изменение передаточного числа в вариаторе происходит автоматически путем изменения диаметров шкивов. На поперечных валах закреплены ведущие шкивы вариатора. Один шкив закреплен жестко, другой может перемещаться вдоль оси вала. Подвижный шкив связан с грузиками центробежного регулятора 11 и поршнем цилиндра, связанного с впускным трубопроводом двигателя. Ведомый шкив 8 состоит из подвижного (левого), на который воздействует пружина 9, и неподвижного (правого) шкивов. Ведомый вал вариатора через цилиндрическую передачу 10 связан с ведущими колесами автомобиля. Работает вариатор следующим образом. При трогании с места (малая частота вращения коленчатого вала) ремень

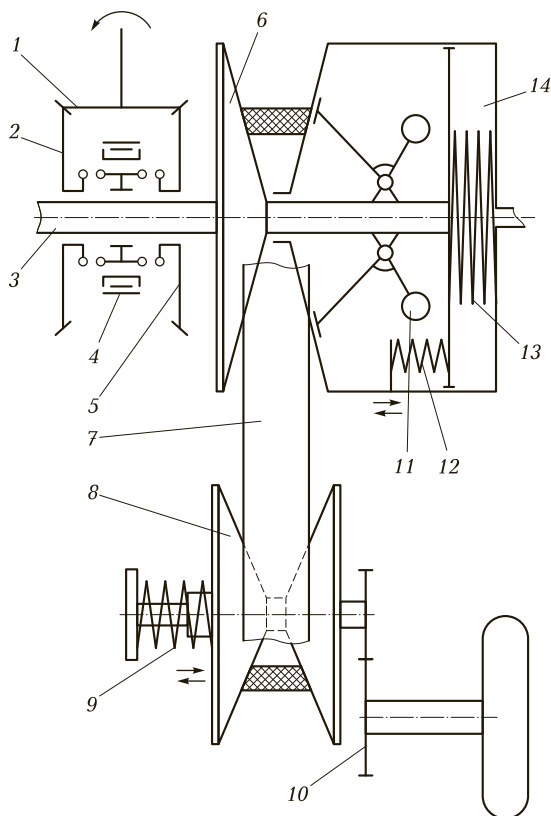


Рис. ПЗ. Клиноременная передача автомобиля «Вольво»:

1 — ведущая шестерня; 2, 5 — шестерни передачи; 3 — вал; 4 — кулачковая муфта; 6 — ведущий шкив вариатора; 7 — ремень; 8 — ведомый шкив; 9, 12, 13 — пружины; 10 — цилиндрическая передача; 11 — центробежный регулятор; 14 — цилиндр

на ведомом шкиве пружиной 9 выжимается на больший диаметр шкива. Вследствие малой частоты вращения коленчатого вала грузики регулятора 11 сдвинуты и подвижный шкив под действием пружины 12 смещен относительно неподвижного шкива — ремень располагается на малом радиусе (наибольшее передаточное число). По мере разгона автомобиля увеличивается частота вращения вала 3 и сила действия центробежного регулятора, который смещает подвижную часть шкива и перемещает ремень на больший диаметр. С подвижной частью шкива также связан цилиндр 14, на который воздействует разрежение во впускном трубопроводе. При уменьшении нагрузки (разрежение во впускном трубопроводе возрастает) положение ведущего шкива изменяется, перемещая ремень на больший диаметр и уменьшая передаточное число. Таким образом про-

исходит автоматическое изменение передаточного числа вариатора в зависимости от скорости движения автомобиля и нагрузки на двигатель. По аналогичной схеме работают и другие клиноременные вариаторы автомобилей.

Резинокордные пневматические упругие элементы. Пневматический упругий элемент является основным устройством подвески, обеспечивающим упругую связь кузова с колесом. Упругим рабочим телом элемента служит воздух, заключенный в герметичную деформируемую оболочку. Герметичная оболочка представляет собой прочный многослойный баллон из эластомера или резинокордного материала, состоящего из нескольких слоев резинокордной ткани с внешним и внутренним слоями маслостойкой резины.

По конструкции резинокордные элементы делятся на баллонные и диафрагменные (рис. П4). Баллонные элементы могут быть одно-, двух- или трехсекционными, деформирующимися при колебаниях кузова подобно мехам гармошки. Диафрагменные упругие элементы отличаются от баллонных наличием поршня, входящего при деформации упругого элемента внутрь объема, ограниченного эластичной оболочкой. Воздух в баллонных упругих элементах находится под давлением 0,5...0,8 МПа, а в диафрагменных давление может достигать 2,0...2,5 МПа.

Заполнение воздухом резинокордных упругих элементов осуществляется либо от специального компрессора на легковых автомобилях, либо от компрессора тормозной системы на грузовых автомобилях. Наличие компрессора позволяет регулировать давление в пневмобаллоне в широких пределах, т. е. позволяет управлять автоматически положением кузова относительно дороги или изменять жесткость упругого элемента в зависимости от изменения нагрузки.

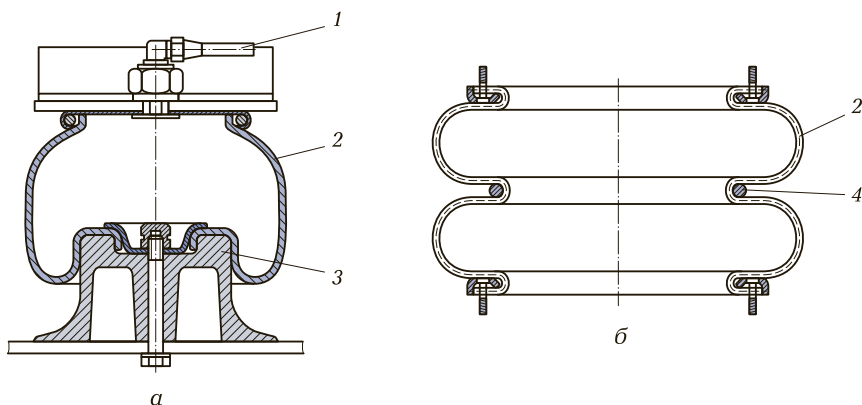


Рис. П4. Диафрагменный (а) и баллонный (б) упругие элементы:

1 — зарядный штуцер; 2 — эластичная резинокордная оболочка; 3 — поршень; 4 — опоясывающее кольцо

Пневматический упругий элемент состоит из корпуса с направляющей, уплотнительной манжеты и поршня (в диафрагменном упругом элементе). Конструктивно пневматический упругий элемент может изготавливаться со встроенным амортизатором или устанавливаемым отдельно. Упругий элемент, объединенный с амортизатором, имеет название **пневматическая стойка**.

В настоящее время пневматическая подвеска устанавливается на некоторых моделях автомобилей бизнес-класса и больших внедорожниках (например, «Фольксваген Туарег», «Ауди» Q7 и др.).

Основными достоинствами пневматической подвески являются комфортность, геометрическая проходимость и безопасность автомобиля.

В ряде случаев пневматическая подвеска применяется в комбинации с автоматически регулируемым амортизатором. Такая конструкция получила название **адаптивная пневмоподвеска**.

Адаптивная пневмоподвеска имеет следующие устройства:

- пневматические упругие элементы на каждое колесо;
- модуль подачи воздуха;
- ресивер;
- регулируемые амортизаторы;
- электронный блок управления.

Система управления обеспечивает электронное регулирование степени демпфирования амортизаторов. Она включает в себя входные датчики, блок управления и исполнительные устройства.

В работе системы управления подвески используются следующие входные датчики:

- клавиша настройки демпфирования;
- датчики дорожного просвета;
- датчики ускорения кузова.

С помощью клавиши на панели приборов производится выбор режимов адаптивной подвески. Датчик дорожного просвета фиксирует величину хода подвески на сжатие и на отбой. Датчик ускорения кузова определяет ускорение кузова автомобиля в вертикальной плоскости. Сигналы от датчиков поступают в электронный блок управления, где в соответствии с заложенной программой происходит их обработка и формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства — регулировочные клапаны амортизаторов. При помощи электромагнитных регулировочных клапанов проходное сечение перетекающей через клапан жидкости изменяется в зависимости от величины воздействующего тока. Чем больше ток, тем меньше проходное сечение клапана и, соответственно, выше степень демпфирования амортизатора («жесткая» подвеска). Чем меньше ток, тем больше проходное сечение клапана и ниже степень демпфирования («мягкая» подвеска). Регулировочный клапан устанавливается на каждый амортизатор. Конструктивно он может располагаться внутри или снаружи амортизатора.

Двухтрубный амортизатор. В современных подвесках наряду с упругим элементом используют демпфирующий элемент — амортизатор, поглощающий большую часть энергии колебаний автомобиля и обеспечивающий необходимый контакт колеса с дорогой.

Для выполнения своей функции амортизатор должен поглощать определенное количество энергии колебаний, практически преобразуя ее в тепловую энергию. Количество поглощаемой энергии зависит от массы автомобиля, жесткости упругого элемента в подвеске и частоты колебаний.

Работа гидравлического и гидропневматического амортизаторов основывается на двух основных свойствах жидкости: ее несжимаемости и вязкости.

Все производимые в мире амортизаторы делятся на две группы: гидравлические (или масляные) и гидропневматические (или газонаполненные).

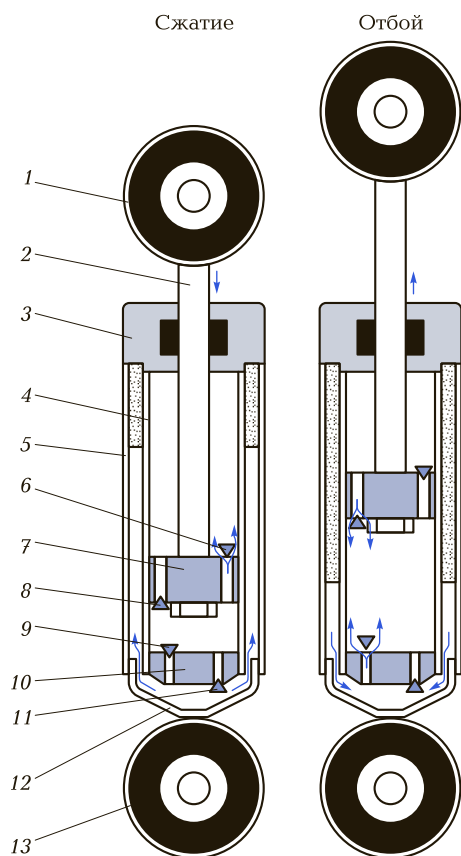


Рис. П5. Конструкция и работа двухтрубного амортизатора:

1 — резинометаллический шарнир (верхнее крепление); 2 — шток; 3 — направляющая штока с узлом уплотнения; 4 — цилиндр; 5 — резервуар; 6, 9 — перепускные клапаны; 7 — поршень; 8 — клапан отбоя; 10 — корпус клапана сжатия; 11 — клапан сжатия; 12 — дно амортизатора; 13 — резинометаллический шарнир (нижнее крепление)

Принцип работы гидравлического амортизатора достаточно прост. В рабочем цилиндре, заполненном специальной гидравлической жидкостью, перемещается шток с поршнем, имеющим калиброванную систему клапанов. При движении поршня через калиброванные отверстия клапанов перетекает жидкость, создавая сопротивление движению поршня, т.е. происходит поглощение энергии колебаний кузова. Таким образом происходит гашение (демпфирование) колебаний в подвеске каждого автомобиля.

Гидравлические двухтрубные амортизаторы — самый распространенный и дешевый тип демпфирующих устройств. Они просты по конструкции и не требовательны к качеству изготовления (рис. П5). Состоит такой амортизатор из двух соосных трубчатых корпусов: рабочего цилиндра, где и находится поршень, и внешнего цилиндра, предназначенного для хранения избыточного масла. Поршень перемещается во внутреннем цилиндре, пропуская масло через собственные каналы и выдавливая часть масла через клапан, находящийся в нижней части цилиндра. Этот клапан называют клапаном сжатия, поскольку через него в основном перетекает масло при ходе сжатия. Масло из рабочего цилиндра при движении штока с поршнем вытесняется объемом штока в полость между рабочим цилиндром и внешним корпусом, где сжимает воздух, находящийся при атмосферном давлении в верхней части внешнего цилиндра. При движении штока с поршнем в обратную сторону масло из полости между цилиндрами, которая называется компенсационной, перетекает в рабочий цилиндр. При этом задействуются клапаны самого поршня, регулируя усилие на отбой. В поршне установлен клапан отбоя и перепускной клапан, работающий на ходе сжатия.

Демпфирование колебаний в двухтрубном амортизаторе осуществляется за счет гидравлического сопротивления, оказываемого жидкостью при проходе через клапанную систему. На ходе сжатия амортизатора жидкость перетекает из подпоршневой в надпоршневую полость, а объем жидкости, вытесненный частью вошедшего в нее штока, перетекает в наружный резервуар. При отбое все происходит в обратном порядке. Силы сопротивления амортизатора создаются и регулируются клапанами сжатия и отбоя, а перепускные клапаны позволяют жидкости перетекать только в заданном направлении.

Недостаток двухтрубной конструкции состоит в наличии резервуара, который охватывает рабочий цилиндр, усложняя его охлаждение. При возрастании температуры жидкости в амортизаторе снижается ее вязкость, уменьшается сопротивление перетеканию масла через клапаны и изменяются усилия сжатия и отбоя. К тому же в амортизаторах этого типа при больших скоростях колебаний масло вспенивается, в результате чего возникает кавитация (образование пузырьков разрежения). Миллионы микроскопических пузырьков, сливаясь вместе, образуют пену, попадающую в клапаны амортизатора и препятствующую его нормальной работе.

Список литературы

1. *Вахламов В.К.* Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя / В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский ; под ред. А.А. Юрчевского. — 2-е изд. — М. : Издательский центр «Академия», 2005. — 816 с.
2. *Гладов Г.И.* Легковые автомобили отечественного и иностранного производства (новые системы и механизмы) : Устройство и техническое обслуживание / Г.И. Гладов, А.М. Петренко. — М. : Транспорт, 2002. — 183 с.
3. *Звонкин Ю.З.* Современный автомобиль и электронное управление : учеб. пособие / Ю.З. Звонкин. — Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2006. — 250 с.
4. Основы конструкции автомобиля / [А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский и др.]. — М. : ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 336 с.
5. *Панов Ю.В.* Установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей : учеб. пособие для нач. проф. образования / Ю.В. Панов. — М. : Издательский центр «Академия», 2002. — 160 с.
6. *Пинский Ф.И.* Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания : учеб. пособие / Ф.И. Пинский, Р.И. Давтян, Б.Я. Черняк. — М. : Легион-Автодата, 2001. — 136 с.

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1. Силовая установка легкового автомобиля	17
1.1. Виды двигателей внутреннего сгорания	17
1.2. Назначение и устройство двигателей внутреннего сгорания.....	21
1.3. Экология и автомобиль	28
1.4. Принцип работы двигателя	31
1.5. Особенности конструкции основных механизмов двигателей	41
1.6. Конструкция смазочной системы и системы охлаждения двигателя ...	53
1.6.1. Смазочная система двигателя	53
1.6.2. Система охлаждения двигателя	60
1.7. Системы питания двигателей и выпуска отработавших газов	65
1.7.1. Системы питания бензиновых двигателей	65
1.7.2. Системы питания дизелей.....	82
1.7.3. Система выпуска отработавших газов.....	93
1.7.4. Система питания газовых двигателей.....	95
1.8. Системы управления работой двигателя	108
1.9. Водородный двигатель.....	118
1.10. Электрический тяговый привод.....	120
1.11. Гибридные силовые агрегаты.....	123
Глава 2. Электрооборудование автомобиля	126
2.1. Источники электрической энергии автомобиля	126
2.1.1. Общие сведения	126
2.1.2. Аккумуляторная батарея	128
2.1.3. Генераторная установка	131
2.2. Система пуска двигателя.....	133
2.3. Система зажигания.....	135
2.4. Освещение и сигнализация.....	150
2.5. Контрольно-измерительные и другие электрические приборы.....	154
Глава 3. Трансмиссия.....	159
3.1. Компоновка трансмиссии на автомобилях.....	159
3.2. Сцепление.....	162
3.3. Коробка передач	177
3.3.1. Ступенчатые коробки передач	177
3.3.2. Бесступенчатые коробки передач.....	179
3.3.3. Автоматические коробки передач с двумя сцеплениями.....	193
3.4. Главные передачи, дифференциалы	194

3.5. Раздаточная коробка	203
3.6. Карданные передачи	210
3.7. Электроника в управлении трансмиссией	219
Глава 4. Ходовая часть	223
4.1. Назначение и состав, несущие устройства	223
4.2. Подвеска	225
4.2.1. Общее устройство	225
4.2.2. Направляющее и упругое устройства подвески	227
4.2.3. Амортизаторы	254
4.2.4. Регулируемые системы поддрессирования	257
4.2.5. Активные системы поддрессирования	265
4.3. Автомобильное колесо	269
4.4. Подшипники и шарниры	274
Глава 5. Рулевое управление и тормозные системы	277
5.1. Рулевое управление автомобиля	277
5.1.1. Назначение и принципы действия	277
5.1.2. Рулевой механизм	278
5.1.3. Рулевой привод	282
5.1.4. Рулевые усилители	284
5.2. Тормозные системы	292
5.2.1. Тормозные механизмы	292
5.2.2. Тормозные приводы	295
5.2.3. Управление тормозными системами	298
Глава 6. Кузов легкового автомобиля и его оборудование	316
6.1. Назначение и классификация кузовов	316
6.2. Устройство кузовов легковых автомобилей	319
6.3. Оборудование кузовов	326
6.4. Вспомогательные системы обслуживания и обеспечения безопасности	337
Приложение. Устройство и принцип действия некоторых агрегатов автомобиля	341
Список литературы	349

Учебное издание

**Гладов Геннадий Иванович,
Петренко Александр Михайлович**

Устройство автомобилей

Учебник

Редактор *А. С. Яновский*
Технический редактор *Н. И. Горбачёва*
Компьютерная верстка: *С. Ф. Фёдорова*
Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 706215641. Подписано в печать 29.03.2017.